National Research Council Canada
Conseil national de recherches Canada

GEOTECHNICAL R & D NEEDS IN CANADA

Report of a Study carried out for the National Research Council of Canada

Canada

This publication is an abridgment of the report of the Study on Geotechnical R & D Needs in Canada submitted to the Division of Building Research, National Research Council of Canada under NRC contract No. 080-180/0-4428, DSS contract No. OSR 82-00005. The full report and its supporting documents can be obtained through the Canada Institute for Scientific and Technical Information, NRCC, Ottawa, Ontario, Canada, K1A 0S2.

© National Research Council of Canada (1983)

Ce document est également publié en français

GEOTECHNICAL R & D NEEDS IN CANADA

A report of a study carried out for

The Division of Building Research
National Research Council Canada
Ottawa, Ontario, Canada

by

J.I. Clark, P.Eng.
B. Ladanyi, Ing.
D.H. MacDonald, P.Eng.
G.G. Meyerhof, P.Eng.

assisted by

F.L. Peckover, Technical Consultant

Special Technical Publication No. 6
of the
Division of Building Research

Price $2.50 Ottawa, October 1983 NRCC 22720

PREFACE

In 1980, the National Research Council of Canada arranged for an external committee to review the geotechnical work of the Division of Building Research as part of an overall review of the research activity of NRC. The committee concluded that there were too many constraints on both funding and human resources to allow DBR to respond in a desired way to future needs, and that its Geotechnical Section had reached a vulnerable state that would endanger the continuity of its present research effort, particularly with respect to development in the North. The committee considered that NRC should have a program for meeting the long-term research needs for geotechnique and that its Associate Committee on Geotechnical Research should have a meaningful role in it.

In response to the conclusions and recommendations of the Council review committee, and to provide a proper basis to respond to them, DBR commissioned an in-depth study of geotechnical R & D needs in Canada. The committee set up to carry out the study was instructed to look at these needs from a broad point of view, to include an appraisal of current geotechnical R & D activity in Canada, including strengths and weaknesses, and to recommend how publicly funded R & D directed to increasing the general level of Canadian geotechnical competence should be structured and managed. Special attention was to be given to the roles of DBR and the Associate Committee on Geotechnical Research. The report of the study, over 250 pages in length along with two volumes of supporting material, reflects the opinions and judgments not only of the committee members but also of more than 100 individuals from industry, universities and government organizations. The principal conclusions and recommendations of that study are presented in this abridgment.

The National Research Council and its Division of Building Research wish to express their appreciation to the committee. The study provides a detailed picture of current research activity and the factors that influence it, and of the challenges, opportunities and research needs for Canadian geotechnical engineering. It presents a good basis for decisions on actions that should be taken to ensure the continued growth of efficient and effective geotechnical practice.

CONTENTS

Preface	i
Executive Summary	v
1. Objectives of the Study	1
2. Scope	1
3. Methodology	1
4. Organization	2
5. Framework of Geotechnical R & D	2
6. Assessment of Current Capabilities	5
7. Challenges and Opportunities in Geotechnical R & D	7
8. Organization and Priorities of Geotechnical R & D	9

GEOTECHNICAL R & D NEEDS IN CANADA

EXECUTIVE SUMMARY

This study was commissioned by the Division of Building Research of the National Research Council of Canada. Its terms of reference were:

- To determine the expected challenges and opportunities for Canadian geotechnical engineering during the 1980s.

- To identify the major research, development and advances in practice that will be required to ensure that these challenges and opportunities can be met successfully by Canadian engineers.

- To recommend the action that can be taken by the National Research Council and, in particular, the Division of Building Research and the Associate Committee on Geotechnical Research to support the required research, development and advances in practice.

Information was obtained from government departments and agencies, universities, consultants and industry through submissions, a questionnaire, interviews and correspondence. More than 130 responses were received and over 100 references reviewed. At least 11 federal government departments and agencies and several provincial agencies conduct and sponsor geotechnical research. Research work is in progress in 38 departments at 25 universities.

The principal challenges in geotechnical R & D in the 1980s will be to develop the technology required for construction in new environments, for example in the Arctic offshore, and to satisfy regulatory and other requirements, for example with respect to waste management. It is considered that the number of individuals employed in geotechnical engineering must double over the next two decades in order to satisfy the demand that will be generated by expected development and construction work. The number of geotechnical specialists graduating from universities must more than double over the next decade to meet this demand.

The committee identified the following areas as being of high priority for geotechnical practice:

- Development of methods of disposing and containing toxic wastes.
- Investigation of in-service behaviour and performance of structures and installations.
- Development of field equipment and instrumentation.
- Determination of the safety of existing structures.
- Investigation of failures and exploitation of opportunities of testing full-scale structures to failure.
- Investigation of the performance of temporary structures such as excavations, bracings, linings and cofferdams.

- Development of geotechnical data banks on a local and regional basis.
- Improvements in the methods in which results of research and development are made known and available to geotechnical practitioners.
- Development of the interfaces between geotechnique and other disciplines that are becoming increasingly important for geotechnical engineering.

The committee concluded that geotechnical research and development undertaken specifically for the common good of geotechnical practice is not well organized and coordinated in Canada. Means exist by which this situation could be improved, and in making its recommendations the committee has followed the principle of building on existing strengths. The following recommendations are directed to the National Research Council of Canada.

Division of Building Research

- The Division should maintain an active and enhanced in-house R & D program to provide an ongoing availability of experienced R & D staff.

- The Division's R & D programs, both in-house and by contract, should be responsive to recommendations from the Associate Committee on Geotechnical Research.

- The Division should continue to provide support and assistance as needed for the Associate Committee on Geotechnical Research, subject to any future decisions on the status of the ACGR as discussed below.

- The Division should establish in its annual budget a fund of $1 million annually to respond to recommendations from the Associate Committee on Geotechnical Research for priority research, to be carried out in-house or by contract. The amount of the fund should increase with time.

- In cooperation with other government departments, the Division should undertake an enhanced role in promoting federally funded geotechnical R & D carried out by industry, and assist in mobilizing capabilities in the private sector for such R & D.

- A first step in this role should be the establishment of an inventory of capability for geotechnical R & D in industry, similar to the Inventory of Canadian Research and Development Capabilities for Engineering in Cold Regions carried out in 1978. This inventory should focus exclusively on geotechnique and should earmark facilities and personnel.

- The Division should continue to be involved with joint R & D projects with industry. Full-scale demonstration projects for technology transfer should be included.

- The Division should maintain on-going consultation with industry and universities to review potential areas of useful research and the capabilities for doing it.

- The Division, drawing upon the ACGR, should provide an advisory service to other federal agencies on geotechnical R & D carried out in industry.

- The Geotechnical Section of the Division should review with the Associate Committee on Geotechnical Research the need to initiate a program to develop in situ testing equipment in Canada that will be compatible with the Canadian environment and soil conditions. This activity should be undertaken in conjunction with the fledgling industries in Canada currently proceeding along the same line. It should also include specialized instrumentation for monitoring of performance of structures, particularly those in arctic and offshore regions.

- The Division should review with the Associate Committee on Geotechnical Research the need to assume responsibility for and contribute to the development of standards of performance and operation for field and laboratory equipment for importation to Canada.

- The Division should encourage universities and industry to adopt the practice successfully used in Europe of having Ph.D. students work full-time in industry or government laboratories towards an "external degree".

- The Division should develop a geotechnical staff exchange program with universities and industry. DBR engineers and scientists should be encouraged to spend at least one year in a Canadian university or industry every five years, participating in research programs and teaching. Academic and industry staff in exchange with DBR should participate in research projects, seminars and conferences.

NRC Associate Committee on Geotechnical Research

Of the government bodies involved with geotechnical R & D, only the NRC has undertaken a coordinating role through its Associate Committee on Geotechnical Research. It has been successful in bringing together representatives of the various sectors and focussing attention on needed R & D. The committee recommends that:

- The Associate Committee on Geotechnical Research should actively explore means of improving its capability to advise on national priorities and enhance organization and coordination of geotechnical R & D in all sectors. If practicable means are established, they should be acted upon, even if this involves realignment of the Associate Committee or its joint sponsorship with a line department of government. However, the effects of any changes should be monitored regularly to ensure that real benefits are in fact achieved.

- To enhance its influence in government decision-making, the Associate Committee should broaden its membership to include representation from all government departments and agencies having a major interest in geotechnical R & D. In addition, the Associate Committee should maintain approximately half its membership from industry including users and consultants, and four or five members from universities.

- The Associate Committee should at least be an advisory group on national geotechnical R & D priorities. Through its membership, it should have a strong influence on geotechnical R & D activities initiated by the federal government and advise whether or not such activities are in the national interest and fall within a framework of established priorities, are carried out or supervised by the most appropriate agency, or university, and are not duplicative of other programs.

- The Associate Committee should make recommendations to the Natural Sciences and Engineering Research Council on priorities in areas for geotechnical grants in both strategic and operating grants programs.

- The Associate Committee should take direct responsibility for priority geotechnical research carried out by means of the special fund established for that purpose by the Division of Building Research as recommended previously.

- The Associate Committee should be a principal source of information to advise the Division of Building Research on geotechnical activities and initiatives outlined previously. It should have a permanent secretariat to communicate with universities, provincial governments, industry and international societies relating to geotechnical R & D.

- The Associate Committee should study the need for the transfer of geotechnical information between all research sectors, keeping in mind the broad scope of information required in interdisciplinary research on many problems. The Committee should consider the desirability of acting as a clearing-house for this purpose, using its secretariat with possible assistance from the Canada Institute for Scientific and Technical Information.

- The Associate Committee should consider and recommend geotechnical R & D required for developing countries with a view to assisting technology transfer and the export of engineering services.

- Learned society activities of the Associate Committee should be gradually transferred to the Canadian Geotechnical Society in an orderly fashion. This would include sponsoring of seminars, technology transfer, etc.

In carrying out the study, the committee considered all the participants in Canadian geotechnical R & D and their roles. Based on the appreciation provided by this consideration, several recommendations are made that are directed to the university and private sectors and to the geotechnical community.

Individuals in the Canadian geotechnical community cannot avoid responsibility for improving practices through the support and exploitation of research and development. It has the intellectual capacity to meet this challenge. Unique opportunities exist to develop expertise and knowledge required both nationally and internationally. What is required is the will to take advantage of these opportunities through individual and collective efforts.

1. OBJECTIVES OF THE STUDY

This study was commissioned by the Division of Building Research of the National Research Council of Canada (NRC).

It has become increasingly apparent in recent years that, in geotechnical research and development, the role of the Division and the NRC Associate Committee on Geotechnical Research is changing. Stronger leadership is required in planning and directing geotechnical R & D, along with improved mechanisms for consultation between government, universities and the private sector. Accordingly, the objectives of the study are:

- To determine the expected challenges and opportunities for Canadian geotechnical engineering during the 1980s.
- To identify the major research, development and advances in practice that will be required to ensure that these challenges and opportunities can be met successfully by Canadian engineers.
- To recommend the action that can be taken by the National Research Council and, in particular, the Division of Building Research and the Associate Committee on Geotechnical Research to support the required research, development and advances in practice.

2. SCOPE

The study is intended to provide an up-to-date picture of geotechnical research and development in Canada. It has considered all the players and their roles. Federal and provincial government departments and agencies, universities and utilities, and industries and consultants in the private sector are all involved to varying degrees.

The capability of current geotechnical practice is assessed in terms of the requirements of the 1980s. Research, development and advances in practice required and the framework within which these can best be achieved are considered. On this basis, opinions are expressed on the roles of participants and the conduct and support of the work that is necessary. Consideration is given to the important part played by NRC and means by which it can better support the work.

3. METHODOLOGY

The study was conducted by a committee composed of:

Dr. J.I. Clark, Golder Associates, Calgary, Alta. (Chairman)
Dr. B. Ladanyi, École Polytechnique, Montreal, Que.
Dr. G.G. Meyerhof, Technical University of Nova Scotia, Halifax, N.S.
Dr. D.H. MacDonald, Acres Consulting Services, Niagara Falls, Ont.

Mr. F.L. Peckover, consultant, assisted the committee by conducting studies, interviews and other detailed work required. Mr. E. Penner, Head, Geotechnical Section, DBR, served as Secretary. The committee met eight times between November 1980 and June 1982.

Input for the study was sought from every available type of source in the geotechnical community and related fields. Information was gathered by letters, a questionnaire and interviews from government departments and agencies, universities, consultants and industries. The NRC Associate Committee and the Canadian Geotechnical Society were given the opportunity to make submissions. Over 130 submissions was received; more than 100 references were studied. Considerable interest was generated and many replies were comprehensive and thought-provoking. The committee is grateful to all contributors, especially those who were constructively critical of existing R & D structures.

4. ORGANIZATION

The study is divided into five parts:

- Introduction (Part 1)
- Framework of Geotechnical R & D (Part 2)
- Assessment of Current Capabilities (Part 3)
- Challenges and Opportunities in Geotechnical R & D (Part 4)
- Recommendations on Organization and Priorities of Geotechnical R & D (Part 5)

The original mandate of the study called for comment on the viability of the concept of a National Cold Regions Engineering Facility. In the course of the work this task was reduced to one of seeking opinions from others. Responses indicate general approval of such a facility, funded jointly by government and industry, with some suggested conditions.

5. FRAMEWORK OF GEOTECHNICAL R & D

Geotechnical research and development are carried out to varying degrees by all sectors of the economy. At least 11 federal government departments and agencies and several provincial agencies conduct and sponsor research. In universities, 38 departments in 25 institutions participate. Many utilities are involved. In the private sector, both industry and consultants undertake geotechnical R & D on contract or as required for specific projects, particularly in the energy field.

The Federal Government has developed a number of policies and programs for strengthening R & D, and some of these are applied to carry out geotechnical R & D. Tax incentives and grants are used to support such work in universities and the private sector. The government has proceeded with a plan to increase national spending on R & D to 1.5 per cent of the gross national product by 1985.

The National Research Council through its Division of Building Research (DBR) performs and fosters geotechnical R & D for the benefit of the construction industry. The Geotechnical Section of the Division does research on soils, permafrost conditions, and snow and ice. In the planning of the research program there is staff participation along with input from the Associate Committee on Geotechnical Research (ACGR), the Canadian Committee on Building Research, and other sources. However, it is felt that there are constraints on both staff and budget that restrict the sectional program to a degree that impairs its ability to meet future national needs.

The Division is closely linked to the NRC Associate Committee on Geotechnical Research whose activities and influence on research and development in the geotechnical field in Canada have steadily grown. Its subcommittees on soil and rock engineering, permafrost, peatlands (formerly muskeg), snow and ice, marine geotechnical engineering, and urban engineering terrain problems make recommendations to the Committee on needed developments and action. Its task groups work on topics such as solid and liquid waste disposal, geological information systems, ice forces, and the updating of a snow manual. Working liaison is maintained with the Canadian Geotechnical Society, Canadian National Committee on Rock Mechanics, Tunnelling Association of Canada, and the Canadian Geoscience Council.

The Natural Sciences and Engineering Research Council (NSERC) supports research in universities and other non-profit organizations through grants and scholarships. Its main support for geotechnical research is with operating grants approved by the Civil Engineering and Earth Sciences selection committees, and to a more limited degree through its Strategic Grants program.

Many other federal departments and agencies have substantial budgets for research and development related to the geotechnical field: Agriculture, Energy, Mines and Resources, Environment, Atomic Energy of Canada Ltd. and many more (Table 1). These organizations perform or contract out R & D to assist in their particular missions. Inevitably, interests of departments overlap in some cases, and the study committee finds that coordination of R & D work is lacking. This can lead to inadequate planning and duplication of work.

Many provincial departments and agencies undertake geotechnical-related research, mainly by contract with universities but sometimes in-house. In some cases a province will encourage ties between industry and universities; an example is the establishment of the Alberta Oil Sands Technology and Research Authority.

Universities undertake a great deal of geotechnical research funded by grants and contracts, mainly from government. More industry-university cooperation in research is highly desirable, but is hampered by a lack of Ph.D. and postgraduate students and a limited understanding within the university community of the important problems in need of solution. Some research centres have been formed in universities to do needed research for industry, often in interdisciplinary fields.

TABLE 1 INFORMATION ON GEOTECHNICAL R & D EFFORTS IN FEDERAL ORGANIZATIONS

	Department/Agency																
	Agriculture Land Resource Research Institute	Atomic Energy of Canada Ltd. Applied Geoscience Branch	Atomic Energy Control Board Regulatory Research Directorate	Energy, Mines and Resources (EMR) GSC - Terrain Sciences Division	EMR - GSC - Resource Geophysics and Geochemistry Division	EMR - GSC - Atlantic Geoscience Centre	EMR - Canada Centre for Mineral and Energy Technology	EMR - Division of Seismology and Geothermal Studies	Environment - National Hydrology Research Institute	Environment - National Water Research Institute	Indian and Northern Affairs - Northern Environmental Protection Branch	National Defence R & D Branch	National Research Council Division of Building Research	Public Works	Regional Economic Expansion - Prairie Farm Rehabilitation Administration	Transport Air Facilities Branch	Transport Transportation Development Centre
	- professional person-years -																
Research	45	24	0.5	3	8	1	3	5	12	1	0	1.5	17	2	1	1	0.5
Engineering	0	0	1.5	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	6	13	25	0
Res. PY by 1985	50	35	3	5	12	3	5	11	15	1	0	1.5	-	3	1	1	1
Eng. PY by 1985	0	5	4	-	0	0	6	0	0	0	0	0	-	8	13	25	0
Res. PY by 1990	55	25	5	10	15	3	-	11	18	1	0	1.5	-	4	1	1	1.5
Eng. PY by 1990	0	5	7	-	0	0	-	0	0	0	0	0	-	10	15	25	0
Canadian sources	100	90	90	95	100	100	50	100	90	100	-	-	-	100	100	100	100
Other countries	0	10	10	5	0	0	50	0	10	0	-	-	-	0	0	0	0
Non-permafrost areas	98	98	80	15	40	0	100	30	70	0	0	-	43	50	100	90	50
Permafrost areas	2	0	20	85	50	100*	0	60*	30	0	40	-	57	30	0	10	15
Marine environment	0	2	0	0	10	100*	0	50*	0	100	60	-	0	20	0	0	35
Research done:																	
In-house	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•		
By contract		•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•
By other departments	•	•			•						•			DBR			
Contract research by:																	
Universities		•		•	•	•	•	•	•		•	•	•		•	•	•
Industry					•	•	•	•			•		•			•	•
Consultants		•	•	•			•				•		•				•
Funds spent 1980-81** ($000)	1,770	5,000	100	100	400	125	500	300	1,125	-	420	250	1,568	125	50	100	175
$ to total funds	27	35	1	1	3	1	3	2	8	-	3	2	11	1	-	1	1

Notes: PY = person-years. For DBR/NRC, projected PY not given as figures may be affected by this study.
* Marine permafrost areas are included.
** Total funding in Canada = $14.1 million.

Industry sponsors a small proportion of geotechnical R & D. The construction industry, the main beneficiary of such work, is diversified among many small companies, and hence not research oriented.

Consultants in the geotechnical field are seldom involved with R & D contracts for lack of incentives, although their capability is significant. The federal contracting-out system is designed for the purchase of goods rather than services, and profit margins on R & D contracts are slim or non-existent.

Among technical and professional organizations, the Canadian Geotechnical Society (CGS), a constituent society of the Engineering Institute of Canada, plays an active role in encouraging geotechnical R & D. It carries on a multitude of activities including publications, conferences, workshops, lecture tours and seminars, awards and honours. It has close liaison with the NRC-ACGR and other national and international organizations.

The Canadian Geoscience Council represents 12 major Canadian earth science societies (including CGS), government and university agencies. It encourages the development of geoscience and advises the federal government (through EMR) on related science policy, among many other activities.

The Canadian National Committee for Rock Mechanics, a special committee of the Canadian Institute of Mining and Metallurgy, represents all interests concerned with rock mechanics in Canada. It has many active subcommittees. Discussions are being held to set up a new organization with membership to represent the rock mechanics sectors of both the geotechnical and mining communities.

6. ASSESSMENT OF CURRENT CAPABILITIES

Present and projected requirements for manpower and money for geotechnical R & D have been reviewed in this study. There are at present about 1200 geotechnical engineers in practice in all sectors in Canada. Current manpower requirements are being met but this pattern may change considerably, mainly as a result of energy-related megaprojects forecast for the next 20 years. A study commissioned by the Canadian Council of Professional Engineers predicts a doubling of the demand for engineers for such projects by 1990. While some of the assumptions used in the projection have changed and the current recession was not considered, the figures call for serious consideration.

On the other hand, a more recent study by Otto et al., University of Alberta, predicts that Canada will have a surplus of engineers for the next few years and virtually no increase in demand to the end of the decade.

A shortcoming of any engineering manpower prediction model is its inability to deal with specialized disciplines representing only 1 or 2 per cent of the total manpower, such as the geotechnical discipline. Shifts in student enrollment also seriously affect the accuracy of such predictions. For example, although overall engineering enrollment is increasing, many

universities are currently experiencing a decrease in civil engineering enrollment, which will affect the number of geotechnical engineering graduates.

The scope of geotechnique has broadened significantly in recent years in both conventional projects and megaprojects. Thus the growth in demand for geotechnical engineers in the past decade will obviously continue at least at the same rate for the next decade; demands will fluctuate as before but perhaps with sharper peaks and troughs. The overall demand will require approximately a doubling of present geotechnical manpower in the next two decades.

On the strength of projected economic growth and considering the geotechnical manpower demand and growth of the past decade, it is likely that an additional 1000 to 1200 geotechnical staff will be required in the next decade. This represents a compounded growth rate of about 5 to 6 per cent per year. It is expected that the trend of increasing involvement of people trained in the earth sciences will continue and will likely approach about 30 per cent of the total by the end of the decade. Obviously, there will also be attrition in the existing geotechnical community so that it is likely that a minimum of about 1200 additional geotechnical professionals will be required by 1990. At the current level of production, Canadian universities can fill about half the projected demand. About half the existing geotechnical staff are products of foreign universities. In view of the needs of developing countries as well as developed countries, it would be unrealistic to expect more than 20 to 25 per cent of requirements to be met by immigration. Thus, the output from Canadian universities must more than double in the next decade if manpower needs are to be met and the needed geotechnical R & D is to get done.

Many universities are unable to continue present levels of engineering training and graduate research work. This is mainly because of budget cuts resulting from government spending restrictions, difficulties in attracting and keeping staff when high salaries prevail in industry, and difficulties in attracting students to do postgraduate studies for the same reason.

In view of the projected future engineering manpower demands, it is evident that engineering enrollments should be greatly increased in the near future. It is equally important that more students be encouraged to pursue postgraduate studies in geotechnical engineering and that engineers in practice be encouraged to return to university for postgraduate specialized training.

Although no recent survey figures are available, the committee has drawn up the following estimate of the sources of funding for geotechnical R & D in Canada in 1980–81:

• Federal government departments and agencies	$ 14.1 m
• Provincial governments	1.0
• Universities, through NSERC	1.0
• Universities, through others	0.5
• Institutes and authorities	5.0
• Consultants	0.5
• Others	1.0
TOTAL	$ 23.1 m

Industry also performs some geotechnical R & D in-house but the value cannot be determined.

The federal government is by far the largest supporter of geotechnical R & D, accounting for over 65 per cent of the $23.1 million identified.

Comparing the ratio of the approximate annual rate of spending on geotechnical R & D to that on related construction with the ratio of the national average to the GNP, it is apparent that the geotechnical component is low. As construction is more technology-intensive than many of Canada's largest industries which are resource-based, this comparison may well be conservative.

7. CHALLENGES AND OPPORTUNITIES IN GEOTECHNICAL R & D

Basic Challenges

The principal challenges in geotechnical R & D in the decade ahead are the advancement of the technology required to deal with construction and other activities in unprecedented environments and with unprecedented restrictions. It has been said that in some fields such as mining, there may be more changes in the next 10 to 20 years than there have been in the last thousand. Certainly in energy development, toxic waste disposal, and other fields, the last 10 years have seen activities undreamed of not long before. All concerned with geotechnical R & D, and particularly those directing it, must recognize the rapidity of changing needs and be prepared for it.

Probably the most fundamental change in R & D is the pressing need to be able to do interdisciplinary work. In addition, the committee recommends that the following areas receive priority in geotechnical R & D:

- Study of the disposal of toxic wastes.
- Study of the in-service behaviour and performance of structures and installations.
- Development of improved field equipment and instrumentation.
- Study of the safety of existing structures.
- Constructive study of failures and use of opportunities for testing full-scale installations to failure.
- Monitoring of the behaviour of temporary structures such as excavation bracing, lining and cofferdams.

Other important subjects are discussed in the report.

Data Bases

The organization of basic data into useful, accessible form is essential in engineering practice. Only in this way is duplicative effort avoided. Some data banks, such as surficial geology maps, are well organized for geotechnical reference. Others are urgently needed. Even existing data are often not used in geotechnical engineering practice.

The committee recommends that the NRC Division of Building Research use its influence to encourage the following initiatives:

- Practising engineers should direct more attention to using existing data bases and to cooperating in setting up needed new ones.
- Site-specific geotechnical information should be assembled into data banks for use regionally or locally. Provincial and municipal agencies should undertake this task to reduce the current waste of effort and money spent in duplication of work. Suitable legislation would be necessary to ensure that users of the data pay for the system.

Technical Information

An improvement and redirection of technology transfer is required to increase the relevancy and availability of the published results of research efforts. Far too much potentially useful information from applied research projects is buried away in reports inappropriate for reference by the user. Much practical information gained by engineers in practice is not made available to others. The Canada Institute for Scientific and Technical Information (CISTI), with its efficient and economical information systems, seems almost unknown to the practising geotechnical community.

In the area of technology transfer there is much to be done that is highly cost effective.

The committee recommends that the NRC Division of Building Research use its influence to encourage the following initiatives:

- Those responsible for the distribution of geotechnical R & D funds should give high priority to improving the state-of-application-of-the-art by enhanced technology transfer.
- Agencies sponsoring applied research projects should require, as a condition of contract, that results be published in a journal or condensed into a report for the user.
- CISTI should publicize its services directly to all geotechnical engineers in Canada. The Canadian Geotechnical Society should assist in this effort.

8. RECOMMENDATIONS ON ORGANIZATION AND PRIORITIES OF GEOTECHNICAL R & D

On the basis of the information gathered by the committee, it is concluded that geotechnical research and development in Canada is, in general, not well organized or coordinated and there is great difficulty in establishing priorities reflecting the national interest. This holds true for all three sectors of the geotechnical community. Existing resources in government, universities and industry can be used in a more efficient and productive manner.

These statements should not detract from the fact that a great deal has been accomplished within the present system. Geotechnology as practised in Canada is as good as anywhere else in the world. The cooperation between individuals in government, universities and industry is the envy of many other countries. The assessment of the current status is, therefore, not so much a reflection of history but rather an indication of the committee's concern about the ability of the Canadian geotechnical community to meet challenges and benefit from opportunities that will emerge in the coming decade.

Basis of Recommendations

The recommendations of the study are based on the fundamental of building on existing strength rather than creating new and perhaps unnecessary structures. There is a great deal of strength in the geotechnical community in Canada. Its activities touch almost every physical undertaking by industry and government. In spite of this, the geotechnical contribution to the development of Canada has a very low profile within the overall sphere of science and technology. Funding of geotechnical research within universities is disproportionately low. The amount of geotechnical R & D carried out by government is also relatively low and that carried out by industry is not possible to quantify. The geotechnical community has evidently not communicated in an effective way the benefits that can accrue to society from an enhanced research and development effort. In spite of the fact that all three sectors of the Canadian geotechnical community have a substantial R & D capability, a development and coordination structure has not emerged.

Thus, the recommendations that are presented reflect the committee's conclusions on what changes should be made to the overall structure, and what the roles of the various participants should be in order to generate the most efficient use of people and equipment and provide an improved climate for training and education of geotechnical engineers.

Federal Government Geotechnical R & D

The federal government and its agencies are the largest single employer of geotechnical staff in Canada. This staff is influential in directing federal expenditures on geotechnical R & D, amounting to more than 60 per cent of the identifiable funding for such work.

Geotechnical R & D work involves many departments and agencies. Most active are the National Research Council, Departments of Agriculture, Energy, Mines and Resources, Environment and Atomic Energy of Canada Limited. Substantial contributions are also made by the Departments of Public Works, Transport, National Defence, and Indian and Northern Affairs. It would be an appropriate and useful exercise for all government agencies involved in geotechnical R & D to review their roles and state their objectives.

In light of the announced government policy for increased R & D spending, it is clear that the federal government bodies involved with geotechnical R & D will have to assume a greater role in leadership.

While recognizing that there is no current framework to enhance the coordination of geotechnical R & D, there is indeed the basis for such a framework. Specifically, the Associate Committee on Geotechnical Research could be restructured and perhaps realigned to undertake an expanded role which could provide a valuable service to all government departments and others involved in geotechnical R & D.

During its existence, the ACGR has accomplished a great deal in focussing attention on needed R & D. It has done this through studies and recommendations of its subcommittees and task groups, workshops and conferences. It has always included representation from government, university and industry sectors.

In the course of this study the need to better organize and coordinate geotechnical research has been strongly indicated. Some respondents have suggested that the role of the ACGR be expanded to include these functions. Others correctly point out that the ACGR reports essentially to NRC, which is not a line department in government, has no policy function, and is not represented directly in Cabinet. For this reason, recommendations of the ACGR do not receive consideration at the political and policy-making level.

There are other precedents for reaching and implementing important decisions in R & D: interdepartmental committees in government, advisory committees in individual departments, and so on.

All have been examined, and it is concluded that none of these mechanisms are suitable for the proper organization, coordination and direction of geotechnical R & D. Indeed, none have the inherent advantages of the ACGR in bringing all sectors together to reach decisions of mutual benefit. The conclusion is, therefore, that the ACGR should be maintained and its strengths used to the fullest and built upon.

The ACGR would not approve projects but it could identify required thrusts, make recommendations and provide advice which would enhance geotechnical R & D work and its benefit to the geotechnical community at large. Used in this capacity, the ACGR could help eliminate costly overlap and duplication of federal government activities. Such a procedure could also make optimum use of the facilities and experience of the NRC Division of Building Research.

Recommendations follow for the NRC Division of Building Research and for the Associate Committee on Geotechnical Research.

NRC Division of Building Research

The committee is of the opinion that DBR/NRC, because of its stature and past involvement, is in a unique position to provide leadership and enhance the growth of geotechnical R & D. At the same time, the committee believes that, at least for the near future, the roles of DBR and the ACGR should continue to interact. The recommendations presented below are viewed by the committee as "first steps" in working towards an enhanced geotechnical R & D activity and climate. The recommendations are believed to lie within the announced federal government R & D policy, to be in the national interest, and to reflect the best possible use of public funds under present circumstances. The committee recommends that:

- The Division should maintain on active and enhanced in-house R & D program to provide an ongoing availability of experienced R & D staff.
- The Division's R & D programs, both in-house and by contract, should be responsive to recommendations from the Associate Committee on Geotechnical Research.
- The Division should continue to provide support and assistance as needed for the Associate Committee on Geotechnical Research, subject to any future decisions on the status of the ACGR as discussed below.
- The Division should establish in its annual budget a fund of $1 million annually to respond to recommendations from the Associate Committee on Geotechnical Research for priority research, to be carried out in-house or by contract. The amount of the fund should increase with time.

Relationship with the Private Sector

- In cooperation with other government departments, the Division should undertake an enhanced role in promoting federally funded geotechnical R & D carried out by industry, and assist in mobilizing capabilities in the private sector for such R & D.
- A first step in this role should be the establishment of an inventory of capability for geotechnical R & D in industry, similar to the Inventory of Canadian Research and Development Capabilities for Engineering in Cold Regions carried out in 1978. This inventory should focus exclusively on geotechnique and should earmark facilities and personnel.
- The Division should continue to be involved with joint R & D projects with industry. Full-scale demonstration projects for technology transfer should be included.
- The Division should maintain on-going consultation with industries and universities to review potential areas of useful research and the capabilities for doing it.

- The Division, drawing upon the ACGR, should provide an advisory service to other federal agencies on geotechnical R & D carried out in industry.
- The Geotechnical Section of the Division should review with the Associate Committee on Geotechnical Research the need to initiate a program to develop in situ testing equipment in Canada which will be compatible with the Canadian environment and soil conditions. This activity should be taken in conjunction with the fledgling industries in Canada currently proceeding along the same line. It should also include specialized instrumentation for monitoring of performance of structures, particularly those in arctic and offshore regions.
- The Division should review with the Associate Committee on Geotechnical Research the need to assume responsibility for and contribute to the development of standards of performance and operation for field and laboratory equipment for importation to Canada.

Relationship with Universities

- The Division should encourage universities and industry to adopt the practice successfully used in Europe of having Ph.D. students work full time in industry or government laboratories towards an "external degree".
- DBR should develop a geotechnical staff exchange program with universities and industry. DBR engineers and scientists should be encouraged to spend at least one year in a Canadian university or industry every five years, participating in research programs and teaching. Academic and industry staff in exchange with DBR should participate in research projects, seminars and conferences.

NRC Associate Committee on Geotechnical Research

Of the government bodies involved with geotechnical R & D, only the NRC has undertaken a coordinating role through its Associate Committee on Geotechnical Research. It has been successful in bringing together representatives of the various sectors and focussing attention on needed R & D. However, it is not in a position to promote R & D on selected national priorities or coordinate research in the various sectors, and hence balance the overall geotechnical research effort.

A restructuring or realignment of the ACGR to undertake an expanded role could provide a valuable service to government departments and all others involved in geotechnical R & D. At the least it could identify required thrusts and priority needs, make recommendations and provide advice which would enhance geotechnical R & D work and its benefit to the community at large. Used in this capacity, the ACGR could help eliminate overlap and duplication of federal government activities and those in universities and the private sector. In addition, a restructured ACGR should mean a decrease in overall management of geotechnical-related R & D by providing a more effective management mechanism than exists at present. In effect, what is

proposed is to build on existing strengths rather than introduce a duplicative competitive effort.

The committee recommends that:

- The Associate Committee on Geotechnical Research should actively explore means of improving its capability to advise on national priorities and enhance organization and coordination of geotechnical R & D in all sectors. If practicable means are established, they should be acted upon, even if this involves realignment of the Associate Committee or its joint sponsorship with a line department of government. However, the effects of any changes should be monitored regularly to ensure that real benefits are in fact achieved.
- To enhance its influence in government decision-making, the Associate Committee should broaden its membership to include representation from all government departments and agencies having a major interest in geotechnical R & D. In addition, the Associate Committee should maintain approximately half its membership from industry including users and consultants, and four or five members from universities.
- The Associate Committee should at least be an advisory group on national geotechnical R & D priorities. Through its membership, it should have a strong influence on geotechnical R & D activities initiated by the federal government and advise whether or not such activities are in the national interest and fall within a framework of established priorities, are carried out or supervised by the most appropriate agency, or university, and are not duplicative of other programs.
- The Associate Committee should make recommendations to the Natural Sciences and Engineering Research Council on priorities in areas for geotechnical grants in both strategic and operating grants programs.
- The Associate Committee should take direct responsibility for priority geotechnical research carried out by means of the special fund established for that purpose by the Division of Building Research as recommended previously.
- The Associate Committee should be a principal source of information to advise the Division of Building Research on geotechnical activities and initiatives outlined previously. It should have a permanent secretariat to communicate with universities, provincial governments, industry and international societies relating to geotechnical R & D.
- The Associate Committee should study the need for the transfer of geotechnical information between all research sectors, keeping in mind the broad scope of information required in interdisciplinary research on many problems. The Committee should consider the desirability of acting as a clearing-house for this purpose, using its secretariat with possible assistance from the Canada Institute for Scientific and Technical Information.

- The Associate Committee should consider and recommend geotechnical R & D required for developing countries with a view to assisting technology transfer and the export of engineering services.
- Learned society activities of the Associate Committee should be gradually transferred to the Canadian Geotechnical Society in an orderly fashion. This would include sponsoring of seminars, technology transfer, etc.

Federal Government Departments

The committee has discussed many suggestions it believes would improve the role of government in encouraging R & D. The nature of much present-day research (including geotechnical) is apparently little understood where government budget planning is concerned. This is particularly unfortunate when the vital necessity of interdisciplinary research is becoming ever so clear.

Government "streams of funding" separate geotechnical research from some of its important components. Scientific and engineering "streams" are never combined in funding or administration, and geotechnical research work is streamed by the NSERC partly under the Earth Sciences, and partly under Civil Engineering, but never jointly. The legitimate concern of both engineers and scientists in some areas is not recognized. Apprehension has been expressed about the in-house capability in various parts of the government for technical review or evaluation of proposals. With the present low level of funding for scientific efforts, it is difficult to find qualified people. Unless staff has access on a continuing basis to current research findings, it lags behind expectations.

For federal government departments and agencies, the committee recommends that the NRC Division of Building Research should advocate the following measures to the Natural Sciences and Engineering Research Council (NSERC):

- In geotechnical and other R & D there should be continuity of funding, showing consistent "targets of intent".
- A mix of basic and applied research should be pursued on a 5- to 10-year basis, both in intramural and contract research.
- Steams of funding should be combined in cases where high quality, interdisciplinary research is needed.
- NSERC research funding for both strategic and operating grants should be responsive to recommendations of the NRC Associate Committee on Geotechnical Research and the Canadian Geotechnical Society.
- As, regardless of the present policy on research grants for applied science subjects, graduates are not being attracted in sufficient numbers to carry out postgraduate research work and provide research personnel to the private sector, NSERC should index the support of postgraduate research engineers to about one-half of the average starting salary in industry for engineering graduates with a bachelor's degree. To do this, engineering research grants could be uncoupled from scientific research grants if necessary.

- The influence of the job market on university staff should be considered in funding research and fellowships.

Universities

There is an urgent need for engineering graduates to meet market demands in the late '80s and early '90s. New technologies are well developed and increasingly practised. Adaptations of university programs and courses are required to meet these challenges.

The committee recommends that the NRC Division of Building Research should advocate the following measures to universities:

- Undergraduate programs should include developing technologies such as ocean engineering and resource development.
- Postgraduate study programs in geotechnical engineering with a non-thesis option should be considered in cooperation with industry to help meet the anticipated demand for trained manpower.
- Both undergraduate and postgraduate programs of study should include lectures by exchange professors and specialists from industry, consulting and government establishments.

The Private Sector

As has been shown, major shares of geotechnical research in Canada are carried out by the federal government, in-house and through contracts to universities and consultants. A smaller share is sponsored by industry, either in-house or by contract. With restrictions on government research funding to its own departments and agencies, geotechnical research done by government both in-house and by contract will not increase appreciably. At the same time, the government's thrust to encourage industry to increase its own R & D activities will have a small effect on the amount of geotechnical research performed unless it is accompanied by appropriate incentives. In addition, industry-sponsored geotechnical research will be skewed seriously toward the type of work needed by a few industries. To remedy this potential development, the benefits of geotechnical R & D need to be emphasized. Cooperation between the various sectors can also enhance the relevancy and usefulness of the research done.

A major increase in the contribution to geotechnical research in Canada can be made by the consulting engineering industry, which is at present only occasionally involved. Its potential contribution is not only in the advancement of geotechnology, but also in the development of new products, especially for instrumentation and field monitoring of performance which are becoming so important. The motivation for small firms to participate could come from appropriate tax incentives or cash grants if the need has been identified.

Well-established geotechnical firms often have a large experienced and specialized staff. A number of them have the ability and capacity to undertake R & D studies of considerable importance. On top of their

technical competence, their experience in project management is an advantage in completing research contracts within established budgets and schedules.

The committee recommends that the NRC Division of Building Research should encourage industry to consider initiatives as follows:

- Industry should consider greater emphasis on joint or cooperative research programs between consultants and universities. Multidisciplinary research can be effectively carried out in this way. For very large projects this concept could be expanded, using several universities, consultants and research organizations.
- Consultants should continue their efforts to participate in geotechnical R & D, seeking opportunities to enhance their capabilities.

The Canadian Geotechnical Society

With the evolution of the Associate Committee on Geotechnical Research towards a role principally concerned with geotechnical R & D policies and priorities, and the organization of the resulting R & D work, its remaining functions as a learned society should be handed over to CGS. The Society is well qualified to carry out these functions, with strong support from membership, active programs and committees.

The Society should also start to concern itself with helping to ensure an adequate supply of well-trained geotechnical engineers during the next decade.

The committee recommends that the NRC Associate Committee on Geotechnical Research should discuss initiatives as follows with the Canadian Geotechnical Society:

- The Canadian Geotechnical Society should be responsible for all geotechnical conferences, seminars, workshops, etc. presently arranged by the Associate Committee on Geotechnical Research. The Society should be expanded to include divisions of permafrost, peatlands, urban terrain problems, snow and ice and marine technology, and assume the learned society responsibilities currently carried out by Associate Committee subcommittees.
- Members of the Society should be encouraged to take an active part in career counselling of secondary school students to enter civil/geotechnical courses, as a long-term investment in the future of geotechnical practice.
- The Society should make recommendations to the Natural Sciences and Engineering Research Council regarding recipients for major geotechnical research grants.
- The Society should develop a responsibility for continuing education in geotechnical engineering. Qualified members should be encouraged to participate in teaching courses designed for practising engineering, and the Society should consider support for some of the costs involved.

Funding of Geotechnical R & D

Government objectives for all science and technology R & D performing and funding by 1985 have been set out as policy. The reaction to the policy statement is consistent: Without adequate incentives, industry will not be able to respond with the required manpower or funds.

The ability of Canada to respond to urgent national needs has been admirably demonstrated for many situations in the past. The urgently required accelerated exploration program in the Canadian arctic and offshore regions was spurred by the introduction of "super depletion" (a government funded enhanced incentive program for reducing exploration costs to the operator). The exploration activity was driven by the need for Canada to know what our oil and gas resources are and how they can be developed as a part of meeting the objective of energy self-sufficiency by 1990.

The benefits accruing from investment in science and technology research and development are indisputable. They are particularly evident in such countries as Japan and West Germany. Although the investment by Canadians in science and technology R & D in relation to gross national product is low compared to other OECD countries, the return on the investment that has been made is generally recognized as being very favourable. A favourable return on R & D investment requires long term commitments on the part of the investor, in terms of both manpower and financing. It is generally recognized that such commitments to science and technology R & D have not been sufficient to maintain the level of effort required to ultimately allow Canadians to benefit from opportunities that will emerge in the coming decade. If the R & D objectives of the federal government are to be achieved within the time frame desired, innovative methods of R & D funding will be required. Some steps have already been taken by the federal government to increase the flow of venture capital to high-technology industries from other corporate investors. The government has also recognized that all three major performers of R & D - industry, government and universities - must develop appropriate national programs.

In the light of these developments, the committee <u>recommends</u> that the NRC Division of Building Research use its influence to encourage the following initiatives:

- Enhanced tax initiatives for industry investment in geotechnical and other R & D such as the "super depletion" policy adopted for arctic exploration costs should be introduced by governments.
- Means should be introduced by governments to encourage private as well as corporate investors to offer venture capital to support industrial and university research and development. Arrangements similar to those encouraging investment in the film industry should be considered for this purpose.

The Geotechnical Community

This report and its discussion on means of improving the capability for geotechnical R & D would be incomplete without some comments on the productivity, initiatives and attitudes of those most involved — the geotechnical community.

Individuals in the Canadian geotechnical community as a whole cannot avoid responsibility for our progress in both research and development. We have the proven intellectual capacity to pursue the problems facing us. This study makes recommendations on the framework and organization within which the work can be done. What remains is to increase our personal sense of urgency to get the job done, and done properly.

We should be concerned when we see those from abroad gaining valuable experience on uniquely Canadian problems such as oil sands and iceberg scour. Are we comfortable and complacent as hewers of wood? Some would point to our productivity in industry — one of the lowest among developed countries — and ask if the same malaise affects our technical effort. Perhaps we are too used to having benefits fall into our laps (from government) with little effort to earn them.

If there is any truth to these thoughts, then the federal trend to push R & D more into the hands of industry should be a healthy one. We should welcome it and see how its intent can be used to engender a greater sense of independence and effectiveness. Instead of importing expertise as we often do now, we should decide in what fields we wish to become self-sufficient by building on our existing strengths. We are competent enough to advise others if we have the initiatives and incentives.

We have unique opportunities to develop expertise that would not only secure our technological sovereignty in the geotechnical field but also lead to an expansion of our share of the foreign market. Problems concerned with toxic waste disposal and marine geotechnique that are of national concern to us are also of substantial concern to other countries. We should use our initiative to tackle geotechnical problems of real national concern, rather than letting them fall into the hands of others by default. Our expertise in many geotechnical problems can become internationally recognized if the rewards are put in place and we strive for them.

All should recognize the expanding base of R & D efforts and the pressing need to work with other disciplines. An example is geotechnical-electronic work in the development of instrumentation. Our present efforts often tend to be too diffused. The time has long gone when important problems are solved by individuals working alone in their laboratories. We need to broaden personal horizons and meet the challenge of working with other specialists.

The committee hopes that those who read the report will discuss with their colleagues the challenges and opportunities ahead in geotechnical research and development. We, and not "others" or government, are responsible for our own national technological strength and the growth of our engineering reputation abroad. It is indeed a situation where to hesitate is to fall behind.

Conseil national de recherches Canada
National Research Council Canada

BESOINS DE R – D EN GÉOTECHNIQUE AU CANADA

Rapport d'une étude réalisée
pour le Conseil national de recherches du Canada

Canada

Cette publication est un résumé du rapport de l'étude sur les besoins de R-D en géotechnique au Canada soumis à la Division des recherches en bâtiment du Conseil national de recherches du Canada, contrat CNRC n° 080-180/0-4428, contrat MAS n° 82-00005. Le rapport initial de même que les documents qui l'accompagnent peuvent être obtenus en s'adressant à l'Institut canadien de l'information scientifique et technique, CNRC, Ottawa, Ontario, Canada, K1A 0S2.

© Conseil national de recherches du Canada (1983)

BESOINS DE RECHERCHE ET DE DÉVELOPPEMENT EN GÉOTECHNIQUE AU CANADA

Rapport d'une étude réalisée pour
La Division des recherches en bâtiment
Conseil national de recherches du Canada
Ottawa, Ontario, Canada

par

J.I. Clark, P.Eng.
B. Ladanyi, Ing.
D.H. MacDonald, P.Eng.
G.G. Meyerhof, P.Eng.

assistés par

F.L. Peckover, conseiller technique

Publication technique spéciale n° 6
de la
Division des recherches en bâtiment

Prix: 2,50$

Ottawa, octobre 1983

NRCC 22720F

PRÉFACE

En 1980, dans le cadre d'un bilan global de ses activités, le Conseil national de recherches du Canada a pris des dispositions pour qu'un comité externe examine la contribution de la Division des recherches en bâtiment au domaine géotechnique. Le comité a conclu qu'un trop grand nombre de contraintes s'exerçaient sur les ressources financières et humaines de la DRB pour que celle-ci puisse répondre de façon adéquate aux besoins futurs et que la Section de géotechnique avait atteint un point qui mettait en danger la continuité de ses activités de recherche, particulièrement celles relatives à la mise en valeur des ressources du Nord. Le comité est d'avis que le CNRC devrait mettre en place un programme lui permettant de répondre aux besoins à long terme en géotechnique et que le Comité associé de recherches géotechniques devrait y assumer un rôle important.

En réponse aux conclusions et aux recommandations de ce comité, la DRB a commandé une étude exhaustive des besoins de R-D en géotechnique au Canada. On a demandé au comité formé pour mener à bien cette étude, de considérer ces besoins dans un sens large, d'évaluer les activités actuelles de R-D en géotechnique au Canada, incluant les points forts et les lacunes et de formuler des recommandations quant à la gestion et à l'organisation de la R-D financés à même les fonds publics et devant accroître les compétences géotechniques au pays. Une attention particulière devait être accordée au rôle de la DRB et du Comité associé de recherches géotechniques. Le rapport de cette étude, renfermant plus de 250 pages et incluant deux volumes de documents à l'appui, ne reflète pas seulement l'opinion des membres du comité mais également celle de plus de 100 personnes des secteurs privé, para-public et public. Les principales conclusions et recommandations de cette étude sont incluses dans le présent document.

Le Conseil national de recherches du Canada et la Division des recherches en bâtiment expriment toute leur reconnaissance au comité. L'étude présente un portrait détaillé de la recherche actuelle et des facteurs qui l'influencent et précise les défis, les possibilités et les besoins en matière de recherche géotechnique au Canada. Elle constitue le fondement des décisions et des actions qui devront être prises afin d'assurer une efficacité accrue des activités géotechniques.

TABLE DES MATIÈRES

Préface	i
Sommaire à l'intention de la direction	v
1. Objectifs de l'étude	1
2. Portée de l'étude	1
3. Méthodologie	1
4. Organisation	2
5. Cadre de la R-D en géotechnique	2
6. Évaluation des possibilités existantes	6
7. Défis et possibilités de la R-D en géotechnique	8
8. Recommandations sur l'organisation et les priorités de la R-D en géotechnique	9

BESOINS DE R-D EN GÉOTECHNIQUE AU CANADA

SOMMAIRE À L'INTENTION DE LA DIRECTION

Cette étude a été exécutée pour le compte de la Division des recherches en bâtiment du Conseil national de recherches du Canada. Ses objectifs étaient:

- de déterminer les possibilités et les défis à relever en géotechnique au Canada pour les années 1980.

- d'identifier les principaux domaines de recherche et de développement, requis pour permettre aux ingénieurs canadiens de relever ces défis et de profiter des occasions qui s'offrent à eux.

- de recommander les mesures que doit prendre le Conseil national de recherches et en particulier la Division des recherches en bâtiment et le Comité associé de recherches géotechniques pour stimuler la recherche, le développement et accomplir les progrès nécessaires.

L'information contenue dans ce rapport a été obtenue auprès des ministères et organismes gouvernementaux, des universités, de l'industrie et des firmes d'experts-conseils par le biais de propositions, d'un questionnaire, d'interviews et de lettres. Plus de 130 réponses ont été reçues et plus de 100 documents de référence ont été étudiés. Au moins 11 ministères et organismes gouvernementaux et plusieurs organismes provinciaux se consacrent et subventionnent la recherche en géotechnique. Des travaux de recherche dans ce domaine sont en cours dans 38 départements de 25 universités.

Les principaux défis à relever pour la R-D en géotechnique dans les années 1980 consisteront à mettre au point la technologie que requiert la construction dans des conditions nouvelles, comme par exemple au large des côtes de l'Arctique et satisfaire aux mécanismes de régulation et aux diverses exigences, comme par exemple à ceux de la gestion des déchets. Le nombre des ingénieurs en géotechnique doit doubler au cours des vingt prochaines années afin de satisfaire à la demande générée par les travaux de construction prévus. Le nombre des détenteurs d'un grade en géotechnique doit doubler au cours des dix prochaines années afin de satisfaire à cette demande.

Le comité a établi les domaines suivants comme prioritaires:

- Mise au point de méthodes pour l'élimination et l'entreposage des déchets toxiques.
- Étude du comportement et de la performance des structures et des installations en service.
- Mise au point d'équipement et d'instruments.
- Étude sur la sécurité des structures existantes.
- Étude des ruptures et essais de rupture d'installations en grandeur réelle.

- Étude de la performance des structures temporaires comme les excavations, l'étayage, les garnitures et les batardeaux.
- Mise au point de banques de données en géotechnique, sur une base régionale ou locale.
- Amélioration des méthodes de diffusion des résultats de recherche et de développement.
- Développement des mécanismes d'interaction entre le domaine géotechnique et les autres disciplines dont l'importance est de plus en plus grande pour le génie géotechnique.

Le comité a conclu qu'il existait de sérieuses lacunes dans l'organisation de la recherche et du développement au Canada. La situation peut être améliorée et pour ce faire le comité recommande de se servir des ressources déjà existantes. Les recommandations suivantes s'adressent au Conseil national de recherches du Canada.

Division des recherches en bâtiment (CNRC)

- La Division doit maintenir et renforcer le programme de R-D afin de disposer en permanence de chercheurs expérimentés dans ce domaine.
- Les programmes de R-D de la Division des recherches en bâtiment, exécutés par la Division ou sous contrat, doivent répondre aux recommandations du Comité associé de recherches géotechniques.
- La Division doit continuer à fournir l'aide nécessaire au Comité associé de recherches géotechniques, sous réserve des décisions futures concernant le statut du Comité, comme indiqué ci-dessous.
- La Division doit inclure dans son budget annuel un fonds d'un million de dollars, afin de répondre aux recommandations du Comité associé de recherches géotechniques concernant la recherche prioritaire effectuée à la Division ou sous contrat. L'importance du financement devrait augmenter avec les années.
- En collaboration avec d'autres ministères, la Division doit assumer un plus grand rôle dans la promotion de la R-D en géotechnique financée par le gouvernement fédéral et réalisée par l'industrie, et contribuer à mobiliser les ressources du secteur privé pour mener à bien ces activités.
- Pour jouer ce rôle, elle doit tout d'abord répertorier les ressources dont dispose l'industrie pour la recherche et le développement en géotechnique sur le modèle de l'Inventaire des ressources au Canada pour la recherche et le développement des travaux de génie en régions froides, élaboré en 1978. Cet inventaire ne devra s'attarder qu'au domaine de la géotechnique et clairement identifier les ressources matérielles et humaines disponibles.
- La Division doit continuer à participer aux projets de R-D entrepris conjointement avec l'industrie. Elle doit inclure, dans le cadre du transfert de technologie, des projets pilotes en vraie grandeur.
- La Division doit maintenir des rapports constants avec les industries et les universités, afin d'étudier les avenues possibles de recherche et les ressources permettant d'effectuer cette recherche.

- La Division, en s'appuyant sur le CARG, doit assumer un rôle consultatif vis-à-vis des autres organismes fédéraux en matière de R-D en géotechnique réalisée par l'industrie.
- La Section géotechnique de la Division doit examiner avec le Comité associé de recherches géotechniques la nécessité d'élaborer un programme visant à mettre au point le matériel d'essai in situ approprié à l'environnement et aux conditions édaphiques du Canada. Ce programme devrait être entrepris conjointement avec les nouvelles industries qui, au Canada, se consacrent actuellement au même type d'activités. Il devrait aussi inclure la mise au point d'instruments spécialisés permettant de surveiller le comportement des ouvrages, en particulier dans les régions arctiques et au large des côtes.
- La Division doit évaluer avec le Comité associé de recherches géotechniques le rôle qu'elle doit assumer concernant l'élaboration et la mise au point des normes de performance et de fonctionnement du matériel d'essai en laboratoire et in situ importé au Canada.
- La Division doit inciter les universités et l'industrie à adopter le programme introduit avec succès en Europe, qui consiste à embaucher à plein temps dans les laboratoires de l'industrie ou du gouvernement des étudiants du niveau de 3ième cycle, leur permettant ainsi d'obtenir un "diplôme extérieur".
- La Division des recherches en bâtiment doit mettre au point un programme d'échange avec les universités et l'industrie. À tous les cinq ans, les ingénieurs et les agents de recherche de la DRB doivent être incités à passer au moins une année dans une université canadienne ou dans l'industrie, et à participer à la recherche et à l'enseignement. En échange, le personnel de l'industrie et des universités doit participer aux projets de recherche, aux séminaires et aux conférences.

Comité associé de recherches géotechniques du CNRC

Parmi les organismes gouvernementaux s'occupant de R-D en géotechnique, seul le CNRC a entrepris d'assumer un rôle de coordination, par le biais de son Comité associé de recherches géotechniques. Il a réussi à réunir des représentants des divers secteurs et à attirer l'attention sur les besoins de recherche et de développement.

Le Comité recommande que:

- Le Comité associé de recherches géotechniques s'emploie activement à améliorer son pouvoir de recommandation concernant les priorités nationales, et à améliorer l'organisation et la coordination de la R-D en géotechnique dans tous les secteurs. Les mécanismes ainsi établis devront être mis en oeuvre, même si pour ce faire, il faut modifier le Comité associé ou envisager un parrainage mixte avec un ministère. Cependant, on doit s'assurer régulièrement des effets positifs de toute modification apportée.

- Pour participer davantage aux prises de décisions du gouvernement, le Comité associé doit élargir sa composition, de façon à ce que soient représentés tous les ministères et organismes gouvernementaux particulièrement intéressés par la R-D en géotechnique. En outre, le Comité associé doit veiller à ce qu'environ la moitié de ses membres viennent du secteur de l'industrie incluant les experts-conseils et les usagers, et que quatre ou cinq de ses membres appartiennent au milieu universitaire.
- Le Comité associé doit au moins être un comité consultatif en matière de priorités nationales de R-D en géotechnique. Par l'intermédiaire de ses membres, il doit exercer une forte influence sur les activités de R-D en géotechnique mises en oeuvre par le gouvernement fédéral, et déterminer si ces activités servent l'intérêt national, se situent dans le cadre des priorités établies, sont effectuées ou supervisées par l'organisme ou l'université approprié et ne recoupent pas des programmes déjà existants.
- Le Comité associé doit formuler des recommandations auprès du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie concernant les priorités en géotechnique à instituer dans le cadre des programmes de subventions thématiques ou de subventions pour dépenses courantes.
- Le Comité associé doit assumer la responsabilité directe de la recherche géotechnique réalisée grâce au fonds spécial établi à cette intention par la Division des recherches en bâtiment, et tel que recommandé précédemment.
- Le Comité associé doit être une source importante d'information dans le but de renseigner la Division des recherches en bâtiment sur les activités du domaine géotechnique décrites précédemment. Il doit disposer d'un secrétariat permanent afin de communiquer avec les universités et les gouvernements provinciaux, l'industrie et les organismes internationaux s'occupant de R-D en géotechnique.
- Le Comité associé doit étudier le transfert d'information géotechnique entre tous les secteurs de recherche, en tenant compte de la diversité de l'information requise par la recherche interdisciplinaire. Le Comité doit aussi étudier la possibilité d'agir comme centre d'information, d'utiliser dans ce but son secrétariat, et de faire appel au besoin à l'Institut canadien d'information scientifique et technique.
- Le Comité associé doit examiner et évaluer les besoins de R-D en géotechnique des pays en voie de développement, dans le but de favoriser le transfert de la technologie et l'exportation de services techniques.
- Les activités institutionnelles auxquelles se livre le Comité associé doivent progressivement être assumées par la Société canadienne de géotechnique. Ces activités incluent le parrainage de séminaires, le tranfert de technologie, etc.

Au cours de cette étude, le comité a tenu compte de tous les participants à la recherche et au développement en géotechnique au Canada et examiné leur rôle respectif. À la lumière de ces considérations, plusieurs recommandations s'adressent au secteur privé, au milieu universitaire et à la communauté géotechnique.

Tous les spécialistes en géotechnique au Canada sont responsables du progrès des techniques réalisé par le biais de la recherche et du développement. Ils possèdent les connaissances leur permettant de franchir les obstacles. Des occasions uniques de développer l'expertise et d'accroître les connaissances requises tant au niveau national qu'au niveau international, se présentent à eux. Il ne manque que la volonté individuelle et collective d'en profiter.

1. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Cette étude a été exécutée pour le compte de la Division des recherches en bâtiment du Conseil national de recherches Canada (CNRC). Depuis quelques années, il est de plus en plus évident qu'en matière de recherche et de développement, le rôle de la Division et du Comité associé de recherches géotechniques évolue. La planification et l'orientation de la R-D en géotechnique requiert en même temps une amélioration des mécanismes de consultation entre le gouvernement, les universités et le secteur privé. En conséquence, les objectifs de l'étude sont les suivants:

- Déterminer pour les années 1980 les possibilités et les défis à relever en génie géotechnique au Canada.
- Identifier les principales activités de recherche et de développement, et les progrès qui seront nécessaires pour que les ingénieurs canadiens puissent relever avec succès ces défis et profiter des occasions qui se présenteront à eux.
- Recommander les mesures qui peuvent être prises par le Conseil national de recherches, et en particulier par la Division des recherches en bâtiment et le Comité associé de recherches géotechniques, pour stimuler la recherche et le développement et accomplir les progrès nécessaires.

2. PORTÉE DE L'ÉTUDE

L'étude a pour but de présenter l'état actuel de la recherche et du développement en géotechnique au Canada. On a donc considéré tous les participants et leur rôle respectif. Ce sont à des degrés divers, les ministères et les organismes fédéraux et provinciaux, les universités et les services publics, ainsi que les industries et les experts-conseils du secteur privé.

Les ressources actuelles dans le domaine de la géotechnique sont évaluées en fonction des besoins des années 1980. La recherche, le développement, les progrès techniques nécessaires ainsi que la structure à l'intérieur de laquelle ces activités peuvent le mieux être accomplies, sont examinés. Dans ce contexte, des opinions sont émises quant au rôle des participants et la façon dont les travaux doivent être conduits et encadrés. Le rôle important joué par le CNRC et la façon dont cet organisme peut le mieux contribuer à la réalisation des travaux sont également étudiés.

3. MÉTHODOLOGIE

L'étude a été menée par un comité composé de:

M. J.I. Clark, Golder Associates, Calgary, Alberta (président)
M. B. Ladanyi, École Polytechnique, Montréal, Québec
M. G.G. Meyerhof, Technical University of Nova Scotia, Halifax, Nouvelle-Écosse
M. D.H. MacDonald, Acres Consulting Services, Niagara Falls, Ontario

M. F.L. Peckover, expert-conseil, a secondé le comité en réalisant des études, des entrevues et en effectuant les autres tâches nécessaires. M.E. Penner, chef de la Section de géotechnique, DRB, a agi en qualité de secrétaire. Le comité s'est réuni huit fois entre novembre 1980 et juin 1982.

L'information ayant servi à la réalisation de cette étude provient de sources diverses du domaine de la géotechnique ou de domaines connexes. Cette information a été recueillie par lettres, par un questionnaire et par des interviews auprès des ministères et organismes gouvernementaux, des universités, des experts-conseils et de l'industrie. Le Comité associé du CNRC et la Société canadienne de géotechnique ont soumis des propositions. Au total, plus de 130 propositions ont été présentées, et plus de 100 documents de référence ont été étudiés. L'étude a soulevé un vif intérêt. Un grand nombre des commentaires reçus étaient très détaillés et suscitaient la réflexion. Le Comité est particulièrement reconnaissant envers toutes les personnes qui ont collaboré à cette étude, en particulier celles qui ont critiqué de façon constructive les structures existantes de la recherche et du développement.

4. ORGANISATION

L'étude a été divisée en cinq parties:

- Introduction (partie 1)
- Cadre de la R-D en géotechnique (partie 2)
- Évaluation des possibilités existantes (partie 3)
- Défis et possibilités de la R-D en géotechnique (partie 4)
- Recommandations sur l'organisation et les priorités de la R-D en géotechnique (partie 5)

Initialement, cette étude devait servir à déterminer la viabilité d'un laboratoire national de recherche sur les régions froides. On s'est toutefois contenté de recueillir des avis sur le sujet qui ont permis de conclure au bien-fondé d'un tel laboratoire financé par le gouvernement et l'industrie. D'autres suggestions ont été apportées.

5. CADRE DE LA R-D EN GÉOTECHNIQUE

Des travaux de recherche et de développement en géotechnique sont effectués à des degrés divers dans tous les secteurs de l'économie. Au moins 11 organismes et ministères fédéraux et plusieurs organismes provinciaux subventionnent et se consacrent à la recherche dans ce domaine. Dans les universités, parmi 25 institutions, 38 départements s'y consacrent, de même qu'un grand nombre de services publics. Dans le secteur privé, l'industrie et les experts-conseils effectuent des travaux de R-D en géotechnique sous contrat ou selon des projets spécifiques, surtout dans le domaine énergétique.

Le gouvernement fédéral a élaboré plusieurs programmes et politiques destinés à encourager la R-D dans tous les domaines y compris en géotechnique. Des encouragements fiscaux et des subventions servent à stimuler les activités de R-D dans les universités et dans le secteur privé. Actuellement, le gouvernement met à exécution un plan visant à augmenter d'ici 1985 les dépenses nationales de R-D jusqu'à 1,5% du produit national brut.

Par l'intermédiaire de la Division des recherches en bâtiment (DRB), le Conseil national de recherches parraine et exécute des travaux de R-D en géotechnique pour le bénéfice de l'industrie de la construction. La Section de géotechnique de la Division étudie les sols, le pergélisol, la neige et la glace. Le personnel de la Section, de même que le Comité associé de recherches géotechniques (CARG), le Comité canadien de recherche en bâtiment et d'autres sources participent et collaborent à la planification des activités. Cependant, on estime que les restrictions budgétaires et de personnel ne permettront pas de répondre aux besoins futurs du pays.

La Division est étroitement liée au Comité associé de recherches géotechniques du CNRC, dont les activités et l'influence sur la R-D en géotechnique au Canada ont pris une importance grandissante. Les sous-comités du génie des sols et des roches, du pergélisol, des tourbières (autrefois appelé muskeg), de la neige et de la glace, de génie géotechnique maritime, et des problèmes de génie des sols en milieu urbain, présentent au Comité des recommandations sur les besoins de recherche et les activités à entreprendre. Les groupes de travail traitent de sujets tels que l'élimination des déchets solides et liquides, les systèmes d'information en géologie, les forces de la glace et la mise à jour d'un manuel sur la neige. Une liaison est assurée avec la Société canadienne de géotechnique, le Comité national canadien sur la mécanique des roches, l'Association canadienne des tunnels et le Conseil géoscientifique canadien.

Le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG) contribue à la recherche dans les universités et autres organismes à buts non lucratifs par l'octroi de subventions et de bourses. Son appui à la recherche en géotechnique se manifeste par l'octroi de subventions pour dépenses courantes approuvées par les comités de sélection en génie civil et en sciences de la Terre, et dans une moindre mesure, par un programme de subventions thématiques.

Un grand nombre de ministères et d'organismes fédéraux disposent de budgets substantiels de recherche et de développement en géotechnique: Agriculture Canada, Énergie, Mines et Ressources Canada (EMR), Environnement Canada, Énergie atomique du Canada Limitée, et bien d'autres (voir tableau 1). Ces organismes effectuent ou font exécuter sous contrat des travaux de R-D, dans le cadre de leurs objectifs particuliers. Inévitablement, dans certains cas les activités des ministères se chevauchent. Le Comité constate de sérieuses lacunes dans la coordination de la R-D. Ce manque de coordination peut entraîner une mauvaise planification et un dédoublement des travaux.

De nombreux organismes et ministères provinciaux entreprennent parfois eux-mêmes des recherches en géotechnique mais le plus souvent, octroient des

TABLEAU 1 - INFORMATION SUR LES ACTIVITÉS DE R-D EN GÉOTECHNIQUE AU SEIN DES ORGANISMES FÉDÉRAUX

Ministères et organismes fédéraux	Agriculture Institut de recherches sur les terres	Énergie atomique du Canada Limitée Département de géoscience appliquée	Commission de contrôle de l'Énergie atomique Direction des études normatives	Énergie, Mines et Ressources (EMR) CGC - Division de la science des terrains	EMR - CGC - Division de la géophysique et de la géochimie, ressources	EMR - CGC - Centre géoscientifique de l'Atlantique	EMR - Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie	EMR - Division de la sismologie et des études géothermiques	Environnement - Institut national de recherche en hydrologie	Environnement - Institut national de recherche sur les eaux	Affaires indiennes et du Nord - Direction de la protection de l'environnement du Nord	Défense nationale - Direction de la R-D	Conseil national de recherches Division des recherches en bâtiment	Travaux publics	Expansion économique régionale Administration sur le rétablissement agricole des Prairies	Transports - Direction des installations aéroportuaires	Transports - Centre de développement des transports
	- Années-personnes professionnelles en recherche -																
Recherche	45	24	0,5	3	8	1	3	5	12	1	0	1,5	17	2	1	1	0,5
Génie	0	0	1,5	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	6	13	25	0
Années-personnes en recherche jusqu'en 1985	50	15	3	5	12	3	5	11	15	1	0	1,5	-	3	1	1	1
Années-personnes en génie jusqu'en 1985	0	5	4	-	0	0	6	0	0	0	0	0	-	8	13	25	0
Années-personnes en recherche jusqu'en 1990	55	25	5	10	15	3	-	11	18	1	0	1,5	-	4	1	1	1,5
Années-personnes en génie jusqu'en 1990	0	5	7	-	0	0	-	0	0	0	0	0	-	10	15	25	0
Sources canadiennes	100	90	90	95	100	100	50	100	90	100	-	-	-	100	100	100	100
Autres pays	0	10	10	5	0	0	50	0	10	0	-	-	-	0	0	0	0
Sols non gelés	98	98	80	15	40	0	100	30	70	0	0	-	43	50	100	90	50
Pergélisol	2	0	20	85	50	100*	0	60*	30	0	40	-	57	30	0	10	15
Milieu marin	0	2	0	0	10	100*	0	50*	0	100	60	-	0	20	0	0	35
Recherche effectuée																	
Par les ministères et organismes eux-mêmes	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•		
Sous contrat		•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•
Par d'autres ministères	•	•			•						•			DRB			
Recherche effectuée sous contrat par:																	
Les universités		•		•	•	•	•	•	•		•	•	•		•	•	•
L'industrie					•	•	•	•			•		•			•	•
Les experts-conseils		•	•	•			•				•		•				•
Somme dépensée 1980-81** ($000)	1 770	5 400	100	100	400	125	500	300	1 125	-	420	250	1 568	125	50	100	175
% du financement total	27	35	1	1	3	1	3	2	8	-	3	2	11	1	-	1	1

Remarques: Dans le cas de la DRB du CNRC on ne cite pas les années-personnes prévues, les chiffres pouvant être influencés par les conclusions de cette étude.
* Les zones de pergélisol sous-marin sont incluses
** Financement total = 14,108 millions de $

marchés aux universités. Dans certains cas, une province favorisera la collaboration entre le milieu universitaire et l'industrie, en créant un organisme comme l'Alberta Oil Sands Technology and Research Authority (Office central de la recherche et de la technologie relatives aux sables bitumineux de l'Alberta).

Les universités effectuent de nombreuses recherches en géotechnique, financées par l'octroi de contrats et de subventions principalement de la part du gouvernement. Il est très souhaitable que dans le domaine de la recherche, l'industrie et le milieu universitaire coopèrent davantage. Cette coopération est toutefois rendue difficile par le manque d'étudiants aux niveaux des études supérieures et du doctorat et par l'ignorance dans le milieu universitaire, des problèmes importants à résoudre. Les universités ont constitué quelques centres qui effectuent des recherches pour le compte de l'industrie, souvent de façon interdisciplinaire.

L'industrie parraine une petite proportion de la R-D en géotechnique. L'industrie de la construction, principal bénéficiaire de ces travaux, se répartit en un grand nombre de petites compagnies et par conséquent, s'intéresse peu à la recherche.

Les experts-conseils en géotechnique n'effectuent que rarement des travaux de R-D sous contrat, étant donné les faibles profits qu'ils en retirent. Leur rôle pourrait cependant être important. La pratique du gouvernement fédéral qui consiste à faire exécuter des travaux sous contrat est davantage conçue pour acquérir des biens plutôt que des services, et les marges de profit sur les contrats de R-D sont minces ou nulles.

Parmi les associations techniques et professionnelles, la Société canadienne de géotechnique, société membre de l'Institut des ingénieurs du Canada, encourage activement la R-D en géotechnique. Elle se livre à une multitude d'activités: publications, conférences, ateliers, visites guidées, séminaires, et décerne des récompenses et des distinctions honorifiques. Elle collabore étroitement avec le CARG du CNRC et d'autres organismes nationaux et internationaux.

Le Conseil géoscientifique canadien représente 12 grandes sociétés canadiennes d'étude des sciences de la Terre (y compris la SCG), ainsi que des organismes gouvernementaux et universitaires. Il encourage le développement des sciences de la Terre et conseille notamment le gouvernement fédéral (par l'intermédiaire de EMR) en matière de politiques scientifiques.

Le Comité national sur la mécanique des roches, comité spécial de l'Institut canadien des mines et de la métallurgie, représente tous les groupes qu'intéresse la mécanique des roches au Canada. Il comporte de nombreux sous-comités actifs. La possibilité d'établir une nouvelle organisation, dont les membres représenteraient le secteur de la mécanique des roches des domaines géotechnique et minier, est actuellement à l'étude.

6. ÉVALUATION DES POSSIBILITÉS EXISTANTES

Les exigences actuelles et prévues en matière de main-d'oeuvre et de financement des activités de R-D en géotechnique ont été examinées. Les quelques 1 200 ingénieurs en géotechnique qui exercent leur profession dans tous les secteurs de l'économie canadienne répondent actuellement aux besoins de main-d'oeuvre. Cependant, cette situation pourrait évoluer considérablement en raison des projets énergétiques de grande envergure prévus pour les 20 prochaines années. Une étude commandée par le Conseil canadien des ingénieurs professionnels prévoit que la demande d'ingénieurs pour de tels projets doublera d'ici à 1990. Étant donné que certains des éléments utilisés pour les prévisions ont changé, et que la récession actuelle n'a pas été prise en considération, les chiffres cités ici doivent être examinés avec circonspection.

Par contre, une étude plus récente réalisée par Otto et al., de l'Université de l'Alberta, prédit que le Canada aura un excédent d'ingénieurs pendant quelques années, et que la demande n'augmentera pratiquement pas avant la fin de cette décennie.

La faiblesse de tout modèle de prévision du besoin de main-d'oeuvre en ingénierie est l'impossibilité de tenir compte de disciplines spécialisées représentant seulement 1 ou 2 pour cent de la main-d'oeuvre totale, comme par exemple la géotechnique. Les variations du nombre d'étudiants inscrits en géotechnique faussent également les prévisions. Par exemple, bien que dans l'ensemble, le nombre d'étudiants en ingénierie augmente, de nombreuses universités constatent actuellement une diminution du nombre d'étudiants en génie civil, ce qui conduit inévitablement à une diminution du nombre de diplômés en géotechnique.

Depuis quelques années, l'importance de la géotechnique a considérablement augmenté, autant dans le cadre de travaux traditionnels que de travaux de grande envergure. Ainsi, la demande pour des ingénieurs en géotechnique continuera sans doute à augmenter pendant les dix prochaines années au même rythme que pendant les dix années précédentes; la demande fluctuera autant, mais présentera peut-être des sommets et des creux plus prononcés. La demande totale exigera probablement que l'on double la main-d'oeuvre spécialisée en géotechnique au cours des vingt prochaines années.

En tenant compte de la croissance économique prévue, de la demande et de l'augmentation de la main-d'oeuvre spécialisée en géotechnique au cours des dix dernières années, il est probable que l'on devra recruter 1 000 à 1 200 spécialistes en géotechnique dans les dix prochaines années. Ce nombre représente un taux de croissance composé d'environ 5 à 6 pour cent par année. On prévoit que la tendance selon laquelle il y aura participation d'un nombre croissant de personnes formées dans les sciences de la terre s'accentuera, et que cette participation représentera environ 30% de la main-d'oeuvre spécialisée d'ici dix ans. La réduction naturelle des effectifs exigera d'ici 1990 le recrutement d'au moins 1 200 spécialistes en géotechnique. Au rythme présent, les universités canadiennes ne pourront répondre qu'à environ la moitié de la demande prévue. À l'heure actuelle, environ la moitié des spécialistes en géotechnique proviennent d'universités

étrangères. Étant donné les besoins des pays en voie de développement et ceux des pays industrialisés, il ne serait pas réaliste d'espérer que plus de 20 à 25% des besoins soient comblés par l'immigration de main-d'oeuvre. Par conséquent, les universités canadiennes devront former deux fois plus de diplômés en dix ans pour fournir suffisamment de main-d'oeuvre et accroître autant que nécessaire la R-D en géotechnique.

Actuellement, de nombreuses universités sont obligées de réduire leurs activités de recherche et d'enseignement au niveau du 2^{e} et 3^{e} cycle principalement à cause des restrictions budgétaires imposées par les mesures d'économie du gouvernement, les difficultés à attirer et retenir la main-d'oeuvre alors que l'industrie offre des salaires plus élevés, et pour la même raison, les difficultés à inciter les étudiants au niveau post-doctoral à poursuivre des recherches.

Étant donné les besoins prévus en main-d'oeuvre spécialisée dans le domaine de l'ingénierie, il faudra sans aucun doute former bientôt beaucoup plus d'ingénieurs. Il est tout aussi important qu'un plus grand nombre d'étudiants du premier cycle soient encouragés à poursuivre des études post-doctorales en génie géotechnique et que les ingénieurs en exercice soient encouragés à retourner à l'université pour y poursuivre un programme de formation spécialisée.

On ne dispose pas de chiffres exacts, mais le Comité a formulé les estimations suivantes sur les sources de financement de la R-D en géotechnique au Canada pour 1980 et 1981 (en millions de dollars):

• Ministères et organismes fédéraux	14,1
• Gouvernements provinciaux	1,0
• Universités, par l'intermédiaire du CRSNG	1,0
• Universités, par l'intermédiaire d'autres organismes	0,5
• Instituts et divers offices	5,0
• Experts-conseils	0,5
• Autres	1,0
TOTAL	23,1 $

En outre, l'industrie elle-même poursuit des travaux de R-D en géotechnique. Il est cependant impossible d'en préciser le montant exact. Le gouvernement fédéral est de loin l'organisme qui contribue le plus à la R-D en géotechnique: il fournit plus de 65% des 23,1 millions de dollars qui y sont consacrés.

Si l'on compare le taux annuel approximatif des dépenses de R-D en géotechnique à la moyenne du produit national brut, la composante géotechnique est faible. Étant donné que la construction fait davantage appel à la technologie que la majorité des plus grandes industries canadiennes qui sont basées sur l'exploitation des ressources, cette comparaison est peut-être en deça de la réalité.

7. DÉFIS ET POSSIBILITÉS DE LA R-D EN GÉOTECHNIQUE

Défis fondamentaux

Au cours des dix prochaines années, le principal défi que doit relever la R-D en géotechnique est d'accroître les connaissances techniques nécessaires à l'industrie de la construction et à d'autres secteurs dans des milieux nouveaux et en période de restrictions exceptionnelles. Certains domaines, comme l'industrie minière, connaîtront sans doute plus de changements en dix ou vingt ans qu'au cours du dernier millénaire. Depuis dix ans, le développement énergétique, l'élimination des déchets toxiques et d'autres domaines ont vu naître des activités que l'on n'imaginait pas peu de temps auparavant. Tous ceux s'occupant de R-D en géotechnique, et en particulier ceux qui la dirige, doivent admettre que les besoins changent rapidement et qu'il faut s'y adapter.

Le changement le plus important en recherche et développement est sans doute le besoin pressant de travaux interdisciplinaires. En outre, le Comité recommande que les domaines suivants constituent des priorités en R-D en géotechnique:

- Étude de l'élimination des déchets toxiques.
- Étude de la performance des structures et des installations en service.
- Mise au point d'équipement et d'instruments plus perfectionnés.
- Étude sur la sécurité des structures existantes.
- Étude des ruptures et essais de rupture d'installations en grandeur réelle.
- Étude du comportement des structures temporaires comme l'étayage des excavations, les garnitures et les batardeaux.

D'autres éléments importants sont également examinés dans le rapport.

Bases de données

En génie, il est essentiel de présenter les données de base dans une forme accessible et utilisable évitant ainsi le chevauchement des tâches. Quelques sources de données, comme les cartes géologiques de surface, constituent des références géotechniques pratiques. Il est cependant urgent de créer d'autres banques de données. Souvent, les données existantes ne sont pas utilisées lors des réalisations géotechniques.

Le Comité recommande que la Division des recherches en bâtiment du CNRC use de son influence pour favoriser les initiatives suivantes:

- Les ingénieurs en exercice doivent veiller davantage à utiliser les bases de données existantes et contribuer à en établir de nouvelles.
- On doit rassembler dans les banques de données l'information géotechnique particulière à un emplacement, à l'échelle régionale ou locale. C'est aux organismes provinciaux et municipaux que revient cette tâche afin de réduire le gaspillage actuel d'efforts et d'argent causé par le chevauchement des travaux. Une réglementation appropriée obligerait les utilisateurs à financer le système.

Information technique

Pour que les résultats des recherches deviennent plus facilement accessibles, il convient d'améliorer et de réorienter les moyens de diffusion des techniques. Des quantités considérables d'informations utiles relatives aux projets de recherches appliquées font l'objet de rapports inutilisables comme document de référence. Une grande partie de l'information pratique acquise par les ingénieurs en exercice ne circule pas. L'Institut canadien d'information scientifique et technique (ICIST), qui dispose de systèmes d'information efficaces et rentables, semble pratiquement inconnu des spécialistes en géotechnique.

Dans le domaine du transfert de la technologie, un grand nombre de mesures qui seraient très rentables restent à prendre.

Le Comité recommande que la Division des recherches en bâtiment du CNRC use de son influence pour promouvoir les initiatives suivantes:

- Les bailleurs de fonds de la R-D en géotechnique doivent avoir comme priorité l'amélioration du transfert de la technologie afin d'atteindre une efficacité accrue dans l'application des nouvelles techniques.
- Les organismes qui parrainent la recherche appliquée doivent exiger, comme condition d'octroi de contrats, que les résultats de ces recherches soient publiés dans une revue ou condensés sous forme de rapport.
- L'ICIST doit faire connaître ses services à tous les spécialistes en géotechnique du Canada. La Société canadienne de géotechnique doit participer à cet effort.

8. RECOMMANDATIONS SUR L'ORGANISATION ET LES PRIORITÉS DE LA R-D EN GÉOTECHNIQUE

Il est permis de conclure, à la lumière de l'information recueillie par le Comité, qu'il existe de sérieuses lacunes dans l'organisation et la coordination de la R-D en géotechnique au Canada et qu'il est très difficile d'établir des priorités qui reflètent l'intérêt national. Cette conclusion est valable pour les trois secteurs de la géotechnique. Il est possible d'utiliser de façon plus efficace et productive les ressources actuelles du gouvernement, des universités et de l'industrie.

Ces remarques ne doivent toutefois pas faire oublier le travail déjà accompli. La géotechnologie telle que pratiquée au Canada se compare avantageusement à ce qui se fait ailleurs dans le monde. La coopération entre les fonctionnaires, les chercheurs des universités et ceux de l'industrie fait l'envie de nombreux pays. Par conséquent, l'évaluation de la situation actuelle n'est pas vraiment une réflexion sur le passé, mais indique plutôt la préoccupation du Comité concernant la capacité des spécialistes en géotechnique du Canada à relever les défis et à profiter des occasions qui se présenteront à eux dans les dix prochaines années.

Base des recommandations

Les recommandations de cette étude s'appuient sur la nécessité de consolider les structures existantes plutôt qu'en créer de nouvelles qui pourraient s'avérer inutiles. Au Canada, la communauté géotechnique est très présente. Elle participe à presque toutes les activités concrètes entreprises par l'industrie et le gouvernement. La contribution de la géotechnique au développement du Canada paraît pourtant très modeste lorsqu'on la compare à la totalité de la recherche scientifique et technologique au pays. Les ressources financières consacrées à la recherche géotechnique dans les universités sont trop modestes. La quantité de R-D en géotechnique effectuée par le gouvernement est aussi relativement faible; il est difficile de quantifier la recherche à laquelle se consacre l'industrie. La communauté géotechnique n'a de toute évidence pas suffisamment expliqué les avantages que représenteraient pour la société des activités supplémentaires de recherche et de développement. Bien que les trois secteurs de la géotechnique au Canada disposent d'une capacité importante de R-D, aucune structure favorable au développement et à la coordination des activités dans ce domaine n'a pourtant été mise en place.

Ainsi, les recommandations présentées reflètent les conclusions du Comité sur les modifications qu'il faudrait apporter à la structure d'ensemble et sur le rôle que devraient jouer les divers participants pour que les ressources humaines et matérielles soient utilisées au mieux et que les conditions présidant à la formation des ingénieurs en géotechnique soient plus favorables.

La R-D en géotechnique au gouvernement fédéral

Au Canada, le gouvernement fédéral et ses institutions constituent le principal employeur dans le domaine géotechnique. Les employés de ce secteur exercent une influence sur l'orientation des dépenses fédérales de R-D en géotechnique, dépenses qui représentent plus de 60% de la somme effectivement consacrée à ces travaux.

De nombreux ministères et organismes effectuent des travaux de R-D en géotechnique. Les plus actifs sont le Conseil national de recherches, le ministère de l'Agriculture, le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, le ministère de l'Environnement et l'Énergie atomique du Canada Limitée. Les ministères des Travaux publics, des Transports, de la Défense nationale, des Affaires indiennes et du Nord y contribuent également d'une façon importante. Il serait approprié et utile que tous les organismes gouvernementaux qu'intéresse la R-D en géotechnique redéfinissent leur rôle et leurs objectifs.

Le gouvernement ayant annoncé son intention d'augmenter les budgets consacrés à la R-D, il est clair que les organismes fédéraux concernés devront assumer un plus grand rôle directeur.

Bien que l'on admette qu'il n'existe actuellement aucune structure permettant d'améliorer la coordination de la R-D en géotechnique, la mise en place d'une telle structure est tout à fait possible. Ainsi, le Comité associé de recherches géotechniques pourrait être restructuré et ses attributions modifiées, de sorte qu'il puisse servir plus efficacement tous les ministères et les autres institutions qui se consacrent à la R-D en géotechnique.

Depuis sa création, le Comité associé de recherches géotechniques (CARG) a grandement contribué à attirer l'attention sur les besoins de R-D par le biais d'études et de recommandations de ses sous-comités et groupes d'étude, et par la tenue d'ateliers et de conférences. Il a toujours veillé à ce que les gouvernements, les universités et les divers secteurs de l'industrie soient représentés.

La nécessité d'améliorer l'organisation et les mécanismes de coordination de la recherche en géotechnique a été reconnue par tous au cours de cette étude. Certains participants ont suggéré que l'on élargisse le rôle du CARG, de façon à lui permettre d'assumer ces fonctions. D'autres ont fait remarquer à juste titre que le Comité associé relevait essentiellement du CNRC, qui n'est pas un ministère, ne formule aucune politique et n'est pas directement représenté au Cabinet. Pour cette raison, les recommandations du CARG ne peuvent être examinées à un niveau politique.

Parmi les autres organismes pouvant prendre d'importantes décisions concernant la R-D, mentionnons les comités interministériels et les comités consultatifs de chaque ministère.

Après avoir examiné tous ces mécanismes, il apparaît qu'aucun de ceux-ci ne peut assurer de façon appropriée l'organisation, la coordination et l'orientation de la R-D en géotechnique. En fait, aucun organisme ne dispose des possibilités du CARG pour réunir tous les secteurs et parvenir à des décisions mutuellement profitables. Il faut donc maintenir l'existence du CARG et utiliser au mieux ses possibilités.

Le CARG n'aurait pas le pouvoir d'approuver les projets, mais pourrait identifier les priorités, formuler des recommandations et donner des conseils dans le but de stimuler les activités de R-D en géotechnique, et d'en accroître les bénéfices pour toute la communauté géotechnique. Ainsi utilisé, le CARG permettrait d'éviter le chevauchement coûteux des activités du gouvernement fédéral et d'utiliser au mieux les installations et connaissances du CNRC, en particulier de la Division des recherches en bâtiment.

Les recommandations s'appliquent à la Division des recherches en bâtiment et au Comité associé de recherches géotechniques du CNRC.

Division des recherches en bâtiment (CNRC)

Le Comité est d'avis qu'en raison de son importance et de ses activités antérieures, la Division des recherches en bâtiment du CNRC est particulièrement apte à stimuler la croissance de la R-D en géotechnique.

En même temps, le Comité estime qu'au moins à court terme, la Division des recherches en bâtiment et le CARG devraient poursuivre leur collaboration. Les recommandations qui suivent sont considérées par le Comité comme "les premières étapes" d'un travail visant à améliorer la R-D en géotechnique et les conditions dans lesquelles elle se déroule. On est d'avis que ces recommandations sont conformes à la politique de R-D élaborée par le gouvernement fédéral et à l'intérêt national, et reflètent dans la conjoncture actuelle la meilleure utilisation possible des deniers publics. Le Comité recommande que:

- La Division maintienne et renforce le programme de R-D, et dispose en permanence de chercheurs expérimentés dans ce domaine.
- Les programmes de R-D de la Division des recherches en bâtiment, exécutés par la Division ou sous contrat, répondent aux recommandations du Comité associé de recherches géotechniques.
- La Division continue de fournir l'aide nécessaire au Comité associé de recherches géotechniques, sous réserve des décisions futures concernant le statut du Comité, comme indiqué ci-dessous.
- La Division inclue dans son budget annuel un fonds d'un million de dollars, afin de répondre aux recommandations du Comité associé de recherches géotechniques concernant la recherche prioritaire effectuée à la Division ou sous contrat. L'importance du financement devrait augmenter avec les années.

Relations avec le secteur privé

- En collaboration avec d'autres ministères, la Division doit assumer un plus grand rôle dans la promotion de la R-D en géotechnique financée par le gouvernement fédéral et réalisée par l'industrie, et contribuer à mobiliser les ressources du secteur privé pour mener à bien ces activités.
- Pour jouer ce rôle, elle doit tout d'abord répertorier les ressources dont dispose l'industrie pour la recherche et le développement en géotechnique sur le modèle de l'Inventaire des ressources au Canada pour la recherche et le développement des travaux de génie en régions froides, élaboré en 1978. Cet inventaire ne devra s'attarder qu'au domaine de la géotechnique et identifier clairement les ressources matérielles et humaines disponibles.
- La Division doit continuer à participer aux projets de R-D entrepris conjointement avec l'industrie. Elle doit inclure, dans le cadre du transfert de technologie, des projets pilotes en vraie grandeur.
- La Division doit maintenir des rapports constants avec les industries et les universités, afin d'étudier les avenues possibles de recherche et les ressources permettant d'effectuer cette recherche.
- La Division, en s'appuyant sur le CARG, doit assumer un rôle consultatif vis-à-vis des autres organismes fédéraux, en matière de R-D en géotechnique réalisée par l'industrie.
- La Section géotechnique de la Division doit examiner avec le Comité associé de recherches géotechniques la nécessité d'élaborer un programme visant à mettre au point le matériel d'essai in situ

approprié à l'environnement et aux conditions édaphiques du Canada. Ce programme devrait être entrepris conjointement avec les nouvelles industries qui, au Canada, se consacrent actuellement au même type d'activités. Il devrait aussi inclure la mise au point d'instruments spécialisés permettant de surveiller le comportement des ouvrages, en particulier dans les régions arctiques et au large des côtes.

- La Division doit évaluer avec le Comité associé de recherches géotechniques le rôle qu'elle doit assumer concernant l'élaboration et la mise au point des normes de performance et de fonctionnement du matériel d'essai en laboratoire et in situ importé au Canada.

Relation avec les universités

- La Division doit inciter les universités et l'industrie à adopter le programme introduit avec succès en Europe, qui consiste à embaucher à plein temps dans les laboratoires de l'industrie ou du gouvernement des étudiants du niveau de 3ième cycle, leur permettant ainsi d'obtenir un "diplôme extérieur".
- La Division des recherches en bâtiment doit mettre au point un programme d'échange avec les universités et l'industrie. À tous les cinq ans, les ingénieurs et les agents de recherche de la DRB doivent être incités à passer au moins une année dans une université canadienne ou dans l'industrie, et à participer à la recherche et à l'enseignement. En échange, le personnel de l'industrie et des universités doit participer aux projets de recherche, aux séminaires et aux conférences.

Comité associé de recherches géotechniques du CNRC

Parmi les organismes gouvernementaux s'occupant de R-D en géotechnique, seul le CNRC a entrepris d'assumer un rôle de coordination, par le biais de son Comité associé de recherches géotechniques. Il a réussi à réunir des représentants des divers secteurs et à attirer l'attention sur les besoins de recherche et de développement. Cependant, il ne peut promouvoir la R-D sur des priorités nationales établies ou coordonner la recherche effectuée dans divers secteurs et de là, équilibrer l'effort global de recherche en géotechnique.

La restructuration ou la modification du CARG en vue de lui conférer un rôle plus étendu, pourrait être bénéfique aux ministères et à tous les groupes s'occupant de R-D en géotechnique. À tout le moins le CARG pourrait identifier les stimulants requis et les besoins prioritaires, formuler des recommandations et donner des conseils qui permettraient d'améliorer les travaux de R-D en géotechnique et d'en faire profiter la communauté toute entière. Ainsi employé, le CARG pourrait contribuer à éliminer la duplication et le chevauchement des activités du gouvernement fédéral, des universités et du secteur privé. En outre, la restructuration du CARG doit se traduire par une réduction de la gestion de la R-D en géotechnique, grâce à des mécanismes plus efficaces que ceux actuellement en place. Il est en effet proposé de consolider ce qui existe déjà plutôt que d'introduire des activités qui entrent en concurrence avec d'autres ou qui se chevauchent.

Le Comité recommande que:

- Le Comité associé de recherches géotechniques s'emploie activement à améliorer son pouvoir de recommandation concernant les priorités nationales, et à améliorer l'organisation et la coordination de la R-D en géotechnique dans tous les secteurs. Les mécanismes ainsi établis devront être mis en oeuvre, même si pour ce faire, il faut modifier le Comité associé ou envisager un parrainage mixte avec un ministère. Cependant, on doit s'assurer régulièrement des effets positifs de toute modification apportée.
- Pour participer davantage aux prises de décisions du gouvernement, le Comité associé doit élargir sa composition, de façon à ce que soient représentés tous les ministères et organismes gouvernementaux particulièrement intéressés par la R-D en géotechnique. En outre, le Comité associé doit veiller à ce qu'environ la moitié de ses membres viennent du secteur de l'industrie incluant les experts-conseils et les usagers, et que quatre ou cinq de ses membres appartiennent au milieu universitaire.
- Le Comité associé doit au moins être un comité consultatif en matière de priorités nationales de R-D en géotechnique. Par l'intermédiaire de ses membres, il doit exercer une forte influence sur les activités de R-D en géotechnique mises en oeuvre par le gouvernement fédéral, et déterminer si ces activités servent l'intérêt national, se situent dans le cadre des priorités établies, sont effectuées ou supervisées par l'organisme ou l'université approprié et ne recoupent pas des programmes déjà existants.
- Le Comité associé doit formuler des recommandations auprès du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie concernant les priorités en géotechnique à instituer dans le cadre des programmes de subventions thématiques ou de subventions pour dépenses courantes.
- Le Comité associé doit assumer la responsabilité directe de la recherche géotechnique réalisée grâce au fonds spécial établi à cette intention par la Division des recherches en bâtiment, et tel que recommandé précédemment.
- Le Comité associé doit être une source importante d'information dans le but de renseigner la Division des recherches en bâtiment sur les activités du domaine géotechnique décrites précédemment. Il doit disposer d'un secrétariat permanent afin de communiquer avec les universités et les gouvernements provinciaux, l'industrie et les organismes internationaux s'occupant de R-D en géotechnique.
- Le Comité associé doit étudier le transfert d'information géotechnique entre tous les secteurs de recherche, en tenant compte de la diversité de l'information requise par la recherche interdisciplinaire. Le Comité doit aussi étudier la possibilité d'agir comme centre d'information, d'utiliser dans ce but son secrétariat, et de faire appel au besoin à l'Institut canadien d'information scientifique et technique.
- Le Comité associé doit examiner et évaluer les besoins de R-D en géotechnique des pays en voie de développement, dans le but de favoriser le transfert de la technologie et l'exportation de services techniques.

- Les activités institutionnelles auxquelles se livre le Comité associé doivent progressivement être assumées par la Société canadienne de géotechnique. Ces activités incluent le parrainage de séminaires, le tranfert de technologie, etc.

Ministères fédéraux

Le Comité a étudié de nombreuses suggestions, qui à son avis permettraient au gouvernement de promouvoir davantage la recherche et le développement. Il semble que la recherche actuelle, y compris la recherche géotechnique, soit mal comprise à l'étape de la planification du budget par le gouvernement. Cette constatation est d'autant plus regrettable que la nécessité de la recherche interdisciplinaire apparaît de plus en plus évidente.

L'aide financière apportée par le gouvernement divise la recherche géotechnique. Les aspects scientifiques et techniques de la recherche sont dissociés tant au niveau du financement que de la gestion et, au CRSNG, les travaux de recherche en géotechnique sont répartis d'une part dans le domaine des sciences de la terre et d'autre part en génie civil, mais ne sont jamais regroupés. Dans certains domaines, les préoccupations légitimes des ingénieurs et des chercheurs ne sont pas reconnues. Des inquiétudes ont été exprimées sur la capacité de divers secteurs du gouvernement à évaluer les propositions formulées, ou à réaliser des études techniques. Étant donné le faible financement accordé actuellement à la recherche scientifique, il est difficile de recruter des personnes qualifiées. À moins que le personnel ait régulièrement accès aux résultats des recherches en cours, il ne saurait remplir adéquatement son rôle.

À l'intention des ministères et organismes du gouvernement fédéral, le Comité <u>recommande</u> que la Division des recherches en bâtiment du CNRC appuie les mesures suivantes auprès du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG):

- Dans la R-D en géotechnique et dans d'autres domaines, il doit exister une continuité au niveau du financement démontrant des objectifs cohérents.
- On doit poursuivre, pour une période de cinq à dix ans, la recherche fondamentale et la recherche appliquée, à la fois sous contrat et sur place.
- On doit combiner diverses méthodes de financement lorsque des recherches interdisciplinaires de haute qualité doivent être effectuées.
- Le financement accordé à la recherche par le CRSNG, dans le cadre des subventions thématiques et des subventions pour dépenses courantes, doit répondre aux recommandations du Comité associé de recherches géotechniques du CNRC et de la Société canadienne de géotechnique.
- Sans égard à la politique actuelle de subventions à la recherche dans le domaine des sciences appliquées, les diplômés universitaires ne sont pas incités en nombre suffisant à poursuivre des recherches au niveau post-doctoral et rejoignent le secteur privé; le CRSNG

doit donc indexer le salaire des ingénieurs chargés de recherche au niveau post-doctoral, à environ la moitié du salaire initial offert dans l'industrie aux ingénieurs titulaires d'un baccalauréat. Pour y parvenir, on doit si nécessaire, séparer les subventions à la recherche en génie des subventions accordées à la recherche scientifique.

- Le financement de la recherche et l'octroi de bourses doivent tenir compte de l'influence du marché du travail sur le personnel universitaire.

Universités

Pour satisfaire à la demande du marché, à la fin des années 1980 et au début des années 1990, il est urgent de former des ingénieurs diplômés. De nouvelles techniques sont mises au point et leur utilisation est de plus en plus répandue. Les programmes et les cours universitaires doivent être adaptés aux exigences de ces nouvelles techniques.

Le Comité recommande que la Division des recherches en bâtiment du CNRC propose aux universités les mesures suivantes:

- Les programmes de premier cycle doivent inclure les nouvelles technologies comme le génie océanique et le développement des ressources marines.
- On doit examiner, en collaboration avec l'industrie, la possibilité d'établir des programmes de deuxième et troisième cycles en géotechnique, sans obligation de thèse, pour répondre à la demande prévue de main-d'oeuvre.
- Les programmes de premier, de deuxième et troisième cycles doivent inclure des cours donnés par des professeurs invités dans le cadre d'échanges et par des spécialistes du secteur de l'industrie, par des experts-conseils, et par des organismes gouvernementaux.

Secteur privé

Comme mentionné plus haut, une importante proportion de la recherche géotechnique est réalisée au Canada par le gouvernement fédéral; cette recherche est effectuée de façon interne ou en vertu de contrats conclus avec les universités et les experts-conseils. Une plus faible proportion est parrainée par l'industrie et est effectuée de façon interne ou aux termes de contrats. Étant donné la politique de restriction du gouvernement qui affecte les budgets de ses ministères et organismes, la recherche en géotechnique effectuée par celui-ci ne peut augmenter de façon appréciable. En même temps, les encouragements du gouvernement à l'industrie afin que celle-ci accroisse ses activités de R-D auront peu d'effet sur la quantité de recherche géotechnique accomplie si des stimulants appropriés ne sont pas introduits. En outre, la recherche géotechnique parrainée par l'industrie sera fortement orientée vers le type de travaux requis par un petit nombre d'industries. Pour corriger cette tendance, il est nécessaire d'insister sur les nombreux bénéfices de la R-D en géotechnique. La coopération entre les divers secteurs peut également permettre d'accroître l'utilité et la pertinence de la recherche effectuée.

Au Canada, les ingénieurs-conseils, dont la participation n'est pour l'instant que sporadique, pourraient contribuer davantage à la recherche géotechnique au Canada. Ils pourraient non seulement favoriser l'avancement de la géotechnologie, mais contribuer également à la mise au point de nouveaux produits, plus particulièrement dans le domaine de l'équipement destiné à mesurer la performance sur le terrain. La participation des petites entreprises pourrait être encouragée par des incitations fiscales ou si nécessaire, par des subventions.

Les firmes géotechniques bien établies ont souvent un vaste personnel spécialisé et expérimenté. Un certain nombre d'entre elles peuvent entreprendre des études de R-D d'importance. En plus de leur compétence technique, leur expérience en gestion constitue un avantage lorsqu'il s'agit de compléter les contrats de recherche dans les limites des budgets et des délais établies.

Le Comité recommande que la Division des recherches en bâtiment du CNRC incite l'industrie à prendre en considération les initiatives suivantes:

- L'industrie doit insister davantage sur l'établissement de programmes de recherche conjoints entre les experts-conseils et les universités. De cette manière, la recherche pluridisciplinaire peut être réalisée efficacement. Dans le cas des projets de grande envergure, ce concept pourrait être élargi, en faisant appel à plusieurs universités, experts-conseils et organismes de recherche.
- Les experts-conseils doivent poursuivre leurs efforts de participation à la R-D en géotechnique et chercher les occasions leur permettant d'améliorer leurs possibilités.

La Société canadienne de géotechnique

Étant donné que le rôle du Comité associé de recherches géotechniques évolue principalement vers l'établissement des politiques et priorités de la R-D en géotechnique et l'organisation des travaux de R-D, les autres activités du Comité devraient être assumées par la Société canadienne de géotechnique. Cette dernière est apte à remplir adéquatement ces fonctions, grâce aux programmes et à l'appui des membres et des comités.

La Société doit aussi veiller à fournir en quantité suffisante des ingénieurs en géotechnique qualifiés au cours de la prochaine décennie.

Le Comité recommande que la Division des recherches en bâtiment du CNRC examine, de concert avec la Société canadienne de géotechnique, les initiatives suivantes:

- La Société canadienne de géotechnique doit assumer la responsabilité de l'ensemble des conférences, séminaires, ateliers, etc., actuellement organisés par le Comité associé de recherches géotechniques. La Société doit en plus inclure les divisions chargées de l'étude du pergélisol, des tourbières, des problèmes des sols en milieu urbain, de la technologie marine, et celle des études sur la neige et la glace, et assumer les responsabilités qui incombent actuellement aux sous-comités du Comité associé.

- On doit encourager les membres de la Société à prendre une part active dans l'orientation des étudiants du secondaire vers les cours de génie civil et de géotechnique, ce qui représenterait un investissement à long terme pour le domaine géotechnique.
- La Société doit formuler des recommandations à l'intention du Conseil de la recherche en sciences naturelles et en génie, concernant l'octroi d'importantes subventions à la recherche géotechnique.
- La Société doit se préoccuper du problème de l'éducation permanente en génie géotechnique. Les membres qualifiés doivent être incités à suivre des cours conçus pour les ingénieurs en exercice, et la Société doit envisager de couvrir une partie des coûts qu'un tel programme suppose.

Financement de la R-D en géotechnique

Les objectifs du gouvernement concernant l'ensemble de la réalisation et du financement de la R-D en science et en technologie, d'ici 1985, ont été établis sous forme de ligne de conduite. La réponse à cette politique est cohérente: sans stimulants suffisants, l'industrie ne pourra offrir la main-d'oeuvre ou les fonds requis.

Par le passé, le Canada s'est révélé en mesure de répondre aux besoins les plus pressants du pays. Le programme accéléré d'exploration des régions arctiques et zones au large des côtes du Canada était devenu une priorité, et avait été stimulé par l'introduction de "la déduction pour épuisement" (programme d'incitation à la recherche financé par le gouvernement, permettant de réduire les frais d'exploration pour l'exploitant). Le programme d'exploration avait été entrepris dans le but d'établir les ressources du Canada en pétrole et en gaz, et les moyens de les mettre en valeur de façon à satisfaire aux objectifs d'autosuffisance énergétique d'ici 1990.

Les bénéfices retirés des investissements dans le domaine de la R-D scientifique et technologique sont incontestables. Ils sont particulièrement évidents pour des pays tels que le Japon et l'Allemagne de l'Ouest. Bien que, comparativement aux autres pays de l'OCDE, les investissements du Canada dans la R-D scientifique et technologique soient faibles par rapport au produit national brut, les résultats sont généralement reconnus comme étant très positifs. Pour que des investissements en R-D donnent des résultats intéressants, il faut que l'investisseur s'engage à long terme, tant du point de vue du financement que de la main-d'oeuvre. On admet généralement que jusqu'à présent, les investissements de R-D consacrés à la science et à la technologie sont insuffisants pour que les Canadiens puissent bénéficier des occasions qui se présenteront à eux au cours des dix prochaines années. Si l'on veut que le gouvernement fédéral atteigne ses objectifs de R-D dans les délais requis, il faut mettre au point de nouvelles méthodes de financement. Des mesures ont déjà été prises par le gouvernement fédéral pour accroître l'afflux de capitaux de risque investis par des entreprises dans les industries de

technologie de pointe. Le gouvernement a aussi reconnu que les trois principaux exécutants de R-D, soient l'industrie, le gouvernement et l'université, doivent mettre au point des programmes nationaux appropriés.

À la lumière de ces développements, le Comité recommande que la Division des recherches en bâtiment du CNRC use de son influence pour appuyer les initiatives suivantes:

- Le renforcement des stimulants fiscaux, afin que l'industrie puisse investir dans la R-D en géotechnique et dans d'autres domaines; par exemple, les gouvernements devraient mettre en place la politique de "déduction pour épuisement" adoptée pour défrayer les dépenses consacrées à l'exploration des régions arctiques.
- Les gouvernements doivent prendre des mesures pour encourager les investisseurs privés et les entreprises à offrir des capitaux d'investissement permettant de subventionner les activités de recherche et de développement par l'industrie et l'université. Dans ce but, des dispositions similaires à celles destinées à favoriser les investissements dans l'industrie du cinéma doivent être envisagées.

La communauté géotechnique

Le présent rapport et les commentaires qui l'accompagnent sur la façon d'accroître le potentiel canadien en matière de R-D en géotechnique seraient incomplets, s'ils ne mentionnaient l'efficacité, l'esprit d'initiative et la volonté des personnes directement concernées: les spécialistes de la géotechnique.

Aucun membre de la communauté géotechnique du Canada ne peut décliner ses responsabilités quant au progrès de la recherche et du développement. Nous avons prouvé que nous possédions la capacité intellectuelle d'aborder les problèmes qui se présentaient à nous. Cette étude formule des recommandations quant à la structure et à l'organisation des travaux. Il ne reste donc qu'à prendre conscience de l'urgence de la situation et mettre en oeuvre les moyens qui permettront d'atteindre les objectifs que nous avons fixés.

Nous devrions nous inquiéter de voir des chercheurs à l'étranger acquérir une expérience sur des problèmes typiquement canadiens, comme par exemple l'exploitation des sables bitumineux et l'affouillement des icebergs. Devons-nous nous contenter d'un rôle de second plan? Certains accuseront la productivité industrielle, une des plus faibles parmi les pays industrialisés, et se demanderont si notre activité technique est atteinte du même malaise. Peut-être sommes-nous trop habitués à recueillir des bénéfices (particulièrement de la part du gouvernement) sans avoir à faire d'efforts.

Dans ce contexte, la tendance du gouvernement fédéral à confier davantage de R-D à l'industrie constitue une attitude positive. Nous devrions nous réjouir et voir s'il peut en résulter une plus grande autonomie et une efficacité accrue. Au lieu de faire appel à des spécialistes étrangers

comme c'est souvent le cas actuellement, il faudrait établir les domaines dans lesquels nous désirons devenir autonomes en consolidant nos ressources actuelles. Nous possédons les aptitudes nécessaires pour aider les autres, à condition de faire preuve d'initiative et de bénéficier de stimulants.

Des possibilités uniques se présentent à nous de créer des compétences qui non seulement assureraient notre souveraineté technologique dans le domaine géotechnique, mais nous permettraient d'accroître nos activités sur les marchés internationaux. L'élimination des déchets toxiques et la géotechnique maritime, qui constituent pour nous des sujets d'intérêt national, sont également une source de préoccupation pour d'autres pays. Nous devrions nous employer énergiquement à résoudre les problèmes géotechniques propres au Canada au lieu de nous en remettre aux autres pour le faire. Notre expertise dans le domaine géotechnique peut être reconnue par la communauté internationale si des mesures incitatives sont mises en place et que nous nous employons à les rendre efficaces.

Tous doivent reconnaître l'expansion des domaines que visent les activités de R-D, et la nécessité absolue d'une collaboration entre les chercheurs des diverses disciplines. Citons par exemple les travaux d'électronique, dans le cadre de la mise au point d'instruments en géotechnique. Actuellement, nos efforts sont trop dispersés. Il y a longtemps que des chercheurs isolés, travaillant seuls dans leurs laboratoires, ne peuvent plus résoudre les problèmes importants. Nous devons élargir nos horizons et accepter de travailler en collaboration.

Le Comité espère que les lecteurs de ce rapport discuteront avec leurs collègues des défis et des possibilités qui se dessinent à l'horizon dans la recherche et le développement en géotechnique. Nous, et non "les autres" ou le gouvernement, sommes responsables des progrès technologiques et de la réputation du Canada dans ce domaine, à l'étranger. Toute hésitation entraîne un retard.